

SETIEMBRE 2023

ASOCIACIÓN DE INGENIEROS DEL URUGUAY

Ingeniería

N°97

AIU 1905

30 años de enseñanza de la Geotécnica en Uruguay

Acad. Ing. Julio Patrone

Las crisis globales y la ciberseguridad de la economía digital

Ing. Eduardo Carozo

Descarbonizando el planeta

Ing. Gustavo Mesorio

Generalidades de la imagenología médica

Ing. Javier Beltrame

Asociación de Ingenieros del Uruguay
Acompañando a la Ingeniería desde 1905

Comisión Directiva

PRESIDENTE
Ing. Martín Dulcini

1er VICEPRESIDENTE
Mag. Ing. Miguel Fierro

2do VICEPRESIDENTE
Ing. Richard Hobbins

SECRETARIO
Ing. Juan Carrasco

PROSECRETARIO
Dr. Ing. Rodrigo Morales

TESORERO
Ing. Gustavo Mesorio

PROTESORERO
Ing. Maximilian Friedrich

VOCALES
Ing. Diego Lois
Ing. Liliana Odriozola
Ing. Juan Lorenz
Ing. Andrés Mayorbe

REDACTOR RESPONSABLE
Mag. Ing. Miguel Fierro

DISEÑO EDITORIAL
www.disenio.net

IMPRESIÓN Y ENCUADERNACIÓN
Gráfica Mosca
Nº de depósito 358055

Contenido


AIU
1905


COLEGIO
CIG
INGENIEROS DE GUATEMALA
UPADI
ASAMBLEA ANUAL MUNDIAL
DE INGENIERÍA
ANTIGUA GUATEMALA, SEPTIEMBRE 2023
13-15 DE SEPTIEMBRE
ANTIGUA GUATEMALA,
GUATEMALA, C. A.
INFORMACIÓN:
info@cig.org.gt | +(502) 2218-2600


WEC 2023
WORLD ENGINEERS CONVENTION
7th WEC 2023
WORLD ENGINEERS CONVENTION
PRAGUE, CZECH REPUBLIC
WFEO 9. – 15.10.2023
11. – 13.10.2023
ENGINEERING FOR LIFE - BREAKTHROUGH TECHNOLOGIES
AND CAPACITY DEVELOPMENT FOCUSED ON UN SDGS:

30 años de enseñanza de la Geotécnica en Uruguay

ALGUNAS REFLEXIONES DESDE LA EXPERIENCIA UNIVERSITARIA



Autor
Acad. Ing. Julio C. Patrone

Hacia mediados de la década de 1980, quienes estudiaban en nuestro país la carrera de Ingeniería Civil, por el plan de estudios entonces vigente, en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República, prácticamente no recibían formación específica en materias tales como Mecánica de Suelos, Geotécnica, o Ingeniería Geotécnica.

Apenas existían dos aproximaciones a estas temáticas. Una de ellas era la vieja materia denominada Geología, dictada por el recordado Ing. Caorsi, con dos horas semanales de carga horaria y de duración semestral en cuarto año y la otra, denominada Mecánica de Suelos, también semestral, pero solo impartida para los alumnos de orientación Vial, según el plan de estudios de esa época.

El resto de los estudiantes de Civil, esto es los de orientación Estructural o Hidráulico-Sanitaria (así eran las denominaciones de entonces), podían recibirse sin tener casi formación en el tema, más allá de lo que algunos docentes de otras asignaturas pudieran incorporar en sus materias como referencias a la temática.

Demás está decir que por entonces la UDELAR era la única universidad que formaba ingenieros civiles.

Con el paso del tiempo, para las sucesivas generaciones de estudiantes, y luego de profesionales recién recibidos, la necesidad de incorporar los conceptos y aplicaciones de la geotécnica se volvió cada vez más imperiosa.

Tan es así, que como medida, entiendo circunstancial, los estudiantes de Civil - Estructural comenzamos a recibir en la década del 80, dos horas semanales de Mecánica de Suelos, durante un semestre, dentro del curso de Estructuras Especiales, como forma de remediar en parte estas carencias. Cabe recordar aquí la muy destacada participación del Ing. Hugo Borgno en el dictado de aquellas clases.

Estos fueron los primeros esfuerzos que tuvieron lugar en el ámbito universitario de nuestro país para comenzar a construir el camino hacia la enseñanza específica de esta disciplina.

Con el advenimiento de la democracia en 1985, tuvo lugar un reordenamiento de muchos aspectos de la vida universitaria, como bien sabemos.

En particular, el viejo Instituto de Estructuras contempló la conformación de un nuevo departamento, que se llamaría precisamente Departamento de Geotécnica. Vale destacar aquí que el Decano era el también recordado Ing. Luis Abete, de gran vinculación con la temática.

Es así que nace el Plan de Estudios 1991, en donde por primera vez, se impartirían los cursos de Geotécnica I y Geotécnica II, en cuarto y quinto año, para todas las orientaciones de Civil.

En ese plan, la duración de la carrera era todavía de 6 años.

Pero lo más trascendente de esta incorporación fue seguramente el reconocimiento de la necesidad de extender esta formación a todas las orientaciones de la carrera, considerándola como parte del denominado tronco común.

Cuando en la actualidad a veces recuerdo esta situación y comento en las clases a los estudiantes esta información cuasi "histórica", casi nadie acierta a evaluar el impacto que esta modificación tuvo en la formación de sucesivas generaciones de ingenieros.

Hoy por hoy no se concibe avanzar en proyectos y obras civiles de cualquier tipo, sin incorporar los conocimientos de esta rama de la ingeniería.

Sin embargo, generar el cambio no fue tarea sencilla. Se debió pensar casi de cero en cómo diseñar cursos de contenido teórico-práctico, incluyendo las prácticas



en el laboratorio de ensayo de suelos. El Departamento de Geotécnica tuvo que ser redimensionado para cumplir con estas nuevas funciones, tanto en recursos materiales como en docentes.

Es para mí un gran honor poder citar aquí los nombres de dos profesionales y docentes de enorme trayectoria y dedicación, que pusieron todo de sí para lograr el cambio: el Ing. Quím. Héctor Goso, nuestro referente en Geología y en Geología aplicada a la Ingeniería y el Ing. Benjamín Nahoum, que lideró la transformación de los cursos en relación a Mecánica de Suelos y Rocas.

Para quienes tuvimos la oportunidad de trabajar durante muchos años junto a ellos, y entender su impronta, fue una experiencia motivadora que nos ha guiado hasta el presente.

A partir de 1991 se comenzaron a dictar en nuestro país, por primera vez, dos cursos teórico-prácticos semestrales sobre Geotécnica.

El Curso I contenía los conceptos fundamentales de Geología General, direccionados hacia su aplicación en ingeniería y planteaba, en forma correlativa, los conceptos básicos de la Mecánica de Suelos, derivados de los principios de Terzaghy, Casagrande y Darcy.

Por primera vez se coordinaba con un curso de ejercicios prácticos, de forma de completar 6 horas semanales (4 de teoría y 2 de práctica). Adicionalmente las instalaciones y los equipos del laboratorio de suelos se ponían al servicio de los alumnos y se organizaban las primeras prácticas por equipos, trabajando el alumno directamente sobre los aparatos de ensayo.

El Curso II, con la misma carga horaria, se orientaba por un lado a las aplicaciones de la Mecánica de Suelos en los proyectos de fundaciones, taludes, estructuras de sostenimiento, obras viales, etc., y por otro a introducirse en la geología de nuestro país.

La integración de los conceptos geológicos con la realidad de las obras civiles fue el aporte distintivo de esta visión curricular.

De esta forma fueron también convalidadas las nuevas formas de evaluación, requiriéndose a partir de entonces un examen escrito de tipo práctico y un examen oral de carácter más conceptual y de planteo de casos.

Estas consideraciones que venían de la tradición en otras materias de Civil, como por ejemplo la clásica Resistencia de Materiales, fueron adoptadas en su forma para ambas Geotécnicas a partir de una diagramación propia que no tenía antecedentes en nuestro país.

El Plan de Estudios 1997 marcó posteriormente un hito en la formación de ingenieros, porque pasó a establecer la carrera de 5 años con el mismo criterio de materias semestrales del Plan 1991.

La discusión del Plan llevó casi dos años y, en el caso de la Geotécnica, mantuvo su esencialidad: materia común a todas las orientaciones de Civil, dictada en dos semestres, ahora en tercer y cuarto año. Los contenidos se mantuvieron pero al disponerse en el Plan de materias electivas se propusieron y dictaron otros cursos de Geotécnica, de buena aceptación, como el de Estudios Geotécnicos (vinculado a los ensayos de campo), el de Complementos de Geotécnica (incluyendo aquí por ejemplo temas especiales como las fundaciones de máquinas) y hasta un curso introductorio a la Mecánica de Rocas.

En resumen puede decirse que en menos de 10 años se logró modificar fuertemente la situación inicial, generando una respuesta activa de los estudiantes, muchos de los cuales ingresaron paulatinamente como docentes y otros continuaron además estudios de posgrado en el exterior.

Pero, ¿qué impacto fundamental tuvo esta modificación en el ámbito profesional?

Sin duda, varios. Por un lado los proyectos de obras civiles comenzaron a requerir cada vez más la ejecución de estudios previos del terreno. Esta realidad comenzó a gestarse en buena medida por las exigencias de las agencias estatales dedicadas a la construcción.

También muchos agentes privados, llámese estudios de proyecto por ejemplo, comenzaron a basarse en los informes geotécnicos como elemento de referencia para determinar con mayor certeza los valores de resistencia de los suelos.

Esto por un lado amplió positivamente el mercado de trabajo, promoviendo la instalación de consultoras de perfil geotécnico que comenzaron a desarrollarse y ganar “expertise” con el paso del tiempo.

Pero por otra parte permitió que los nuevos proyectos dejaran de lado el hecho de utilizar hipótesis conservadoras y comenzaran a diseñarse sobre datos más realistas del terreno.

El avance no ha sido y no es aún sencillo en este sentido. Muchas veces los desarrolladores siguen visualizando como un gasto el derivado de los estudios previos, y resta aún mucho camino para que se comprenda adecuadamente esta necesidad.

En ese sentido la formación del ingeniero civil, a partir de los cambios que se fueron operando desde hace unos 30 años, promueve una concientización mucho mayor de los profesionales y junto con ello un impulso para continuar avanzando en el mejor conocimiento de los suelos.

Sucesivas generaciones docentes continuaron con este legado.

En nuestro caso, desde hace más de 20 años, hemos procurado junto al Ing. José Enrique Prefumo transitar este camino en la Universidad de Montevideo, cuya Facultad de Ingeniería también contempla en su plan de estudios de Civil dos semestres dedicados a esta temática. Con características de contenido similar a las ya indicadas pero con la actualización pertinente, también desde la UM se ha impulsado la vigencia de aportar estos conocimientos a la formación de los nuevos ingenieros civiles.

Con el Decanato del querido Ing. Alberto Ponce incluso se realizó en 2002 el primer Seminario de Ingeniería de Cimentaciones en ocasión de la primera colación de grado de ingenieros civiles.

Posteriormente y ya con el Dr. Ing. Claudio Ruibal en el Decanato, que además de ser una gran amigo de generación tuvo la visión de apoyar esta orientación y por lo tanto en su gestión, se incrementaron los esfuerzos, por ejemplo con el fortalecimiento del área de laboratorios.

Todas estas acciones han permitido que las dos Facultades de Ingeniería que forman en la actualidad ingenieros civiles en nuestro país contemplen en sus planes de estudio esta formación básica.

En la perspectiva de estos 30 años puedo decir sin temor a equivocarme que se ha generado un cambio sustancial en la forma de enfocar los problemas vinculados al tema, tanto a nivel de proyecto como durante la construcción de nuevas obras y se ha promovido la formación de los nuevos egresados con una visión más completa y actualizada que la vuelve compatible con la realidad regional y también mundial.

Es mi sincera esperanza que las sucesivas generaciones continúen con el impulso adquirido y que, con entusiasmo renovado, aporten a la construcción de nuevos caminos en esta disciplina desafiante en los años venideros.

Me permito finalmente agradecer no sólo a quienes he nombrado en este breve artículo, sino a quienes aún sin ser mencionados en forma explícita, han intervenido, participado e incidido en estos más de 30 años de desarrollo de la actividad. A ellos vaya mi agradecimiento y desde ya mis sinceras disculpas por la omisión en estas muy personales reflexiones.


CONFORT
CENTRAL
Acondicionamiento térmico por bomba de calor para edificios.
La forma más eficiente, sustentable y con menor gasto de mantenimiento para la calefacción central de tu hogar. Una solución tecnológica que reduce los gastos comunes.
Informate en ute.com.uy
ute



Descarbo-nizando el planeta

Autor

Ing. Gustavo Mesorio

1 - El Acuerdo de París

El Acuerdo de Paris es un **tratado internacional** sobre el cambio climático **jurídicamente vinculante**. Fue adoptado por 196 partes en la COP21 en París el 12 de diciembre de 2015 y entró en vigor el 4 de noviembre de 2016.

Su objetivo es **limitar el calentamiento mundial** a muy por debajo de 2, **preferiblemente a 1,5 °C**, en comparación con los niveles preindustriales.

Para alcanzar este objetivo de temperatura a largo plazo, los países se proponen alcanzar un **máximo de emisiones de gases de efecto invernadero** lo antes posible para lograr un planeta con clima neutro para mediados de siglo.

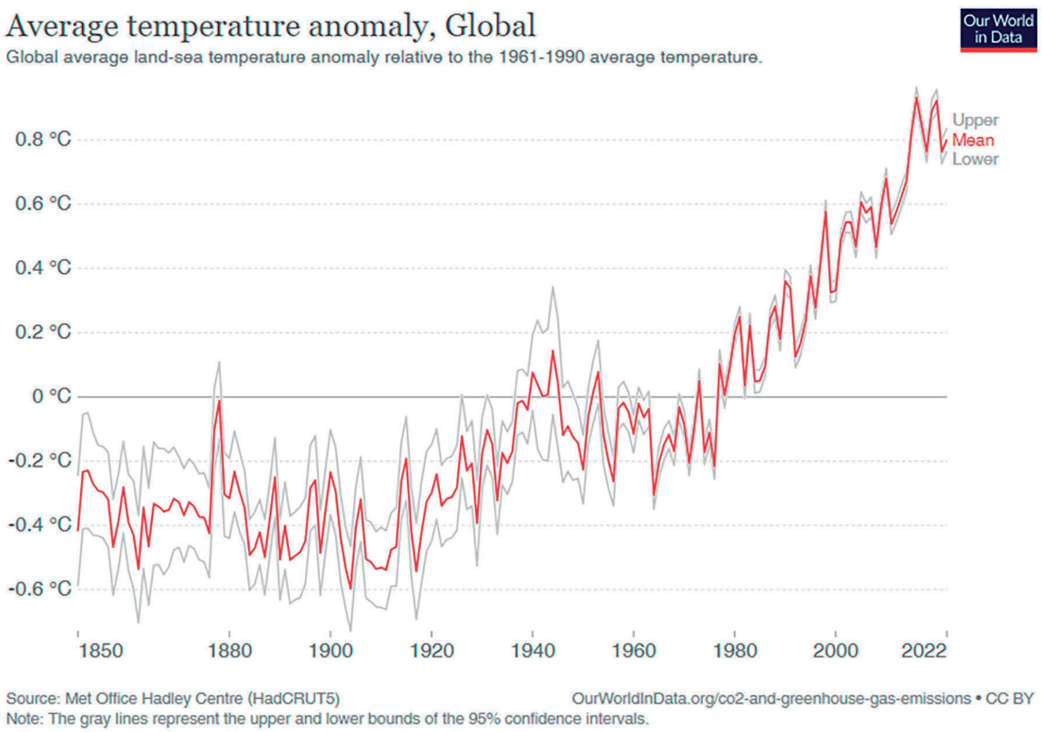
El Acuerdo de París es un hito en el proceso multilateral del cambio climático porque, por primera vez, un acuerdo vinculante hace que todos los países se unan en una causa común para emprender esfuerzos ambiciosos para combatir el cambio climático y adaptarse a sus efectos.

La aplicación del Acuerdo de París requiere una transformación **económica y social**, basada en la mejor ciencia disponible. El Acuerdo de País funciona en un ciclo de cinco años de medidas climáticas cada vez más ambiciosas llevadas a cabo por los países. En 2020 los países presentaron sus planes de acción climática como **contribuciones determinadas a nivel nacional**.

En sus contribuciones determinadas a nivel nacional (conocidas como NDC por sus siglas en inglés), los países comunican las medidas que tomarán para reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero, con el fin de alcanzar los objetivos del Acuerdo de París. Los países también comunican en dichas contribuciones las acciones que tomarán para crear resiliencia y adaptarse a los efectos del aumento de las temperaturas.

2 - Evolución de la temperatura promedio en el mundo y expectativas a futuro

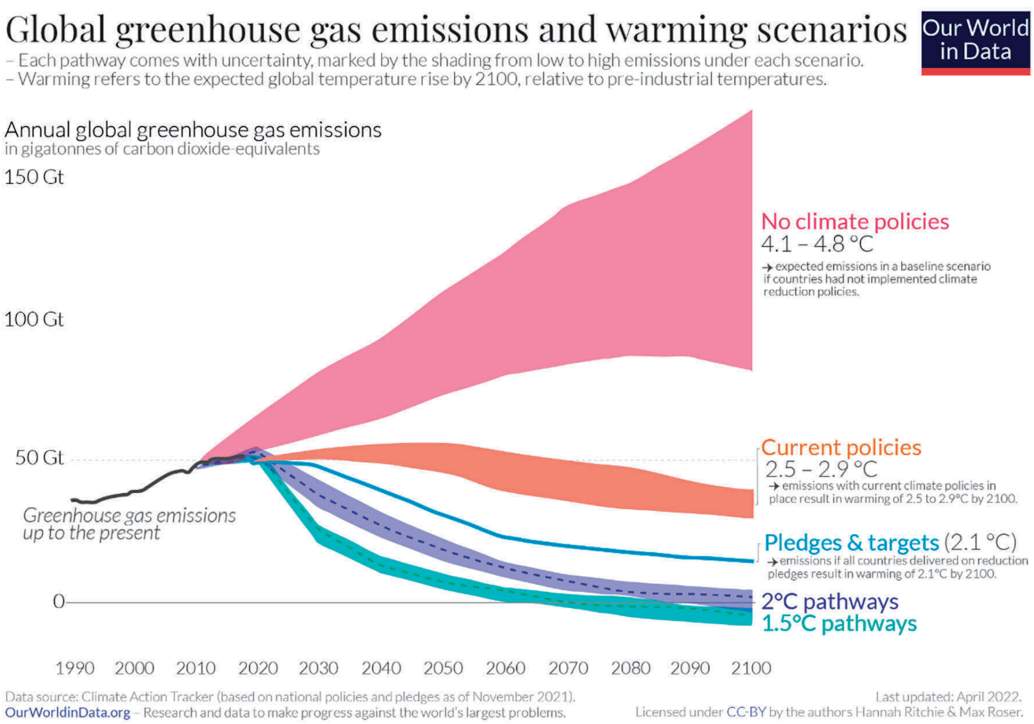
A continuación se presenta un gráfico que muestra cómo el planeta se ha ido calentando. En el mismo se representa la temperatura promedio global relativa a la temperatura promedio del período 1960 a 1990.



(1) Fuente United Nations Climate Change

Las emisiones de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero son los principales responsables del cambio climático.

Las expectativas de evolución de la temperatura en el mundo se presentan en el siguiente gráfico de Our World in Data, donde figura la evolución prevista en caso de no tomar acciones que recorten la emisión de los gases de efecto invernadero, y cómo influyen las medidas a tomar para reducir la emisión de estos gases a la atmósfera.



3 - El Camino de la descarbonización en Uruguay

3.1 - Compromisos con el Acuerdo de París

El Acuerdo de París establece que las Partes presentarán cada 5 años Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (CDN), es decir, los esfuerzos que cada Parte se plantea realizar en términos de mitigación y adaptación, así como las necesidades de apoyo (desarrollo de capacidades, transferencia de tecnologías y financiamiento) para alcanzar el objetivo a largo plazo de mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2 °C con respecto a los niveles preindustriales, para reducir los riesgos y efectos adversos del cambio climático.

Durante el año 2017 la División de Cambio Climático (actual Dirección Nacional de Cambio Climático) lideró el desarrollo de la Primera CDN. Este proceso fue realizado en el marco del Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático y Variabilidad (SNRCC), sustentado en la Política Nacional de Cambio Climático (PNCC).

Los objetivos de mitigación que se han establecido, asumiendo que no existirían cambios estructurales en la matriz productiva del país y considerando las proyecciones oficiales de crecimiento económico en el período 2017-2025, son los siguientes:

I. Objetivos globales de intensidad de emisiones de GEI al respecto de la evolución de la economía:

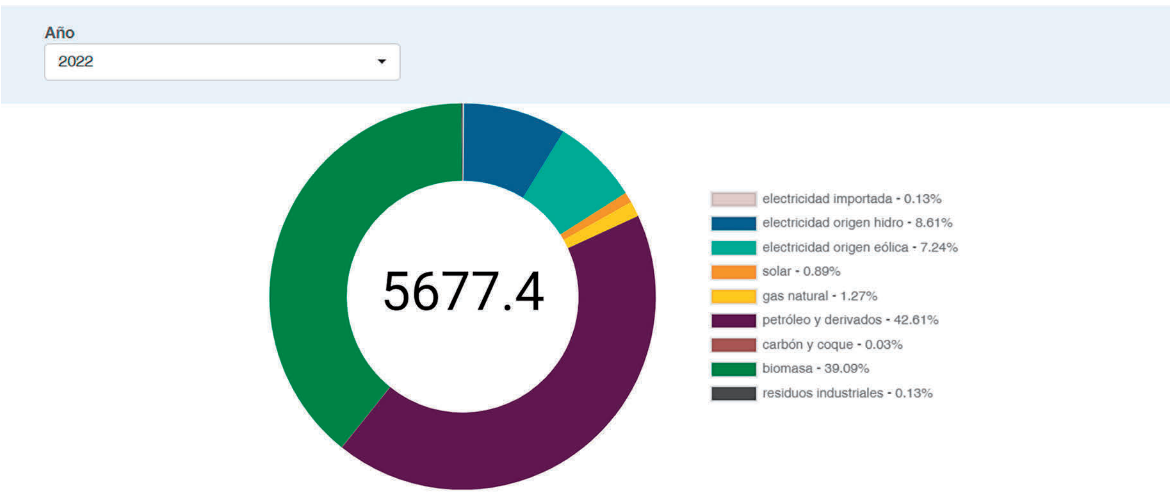
cubren el 99.4% de las emisiones de GEI del Inventario Nacional de Emisiones de GEI 2012 (en adelante INGEI 2012), según métrica GWP 100 AR2*.

GEI	Objetivos de mitigación 2025 Reducción de intensidad (emisiones de GEI por unidad de PBI) con respecto a 1990		Sectores del INGEI (sin incluir UTCUTS)
	Incondicional	Condicional a medios de implementación adicionales específicos	
CO_2	**Reducir 24%** la intensidad de emisiones de CO_2 por unidad de PBI	**Reducir 29%** la intensidad de emisiones de CO_2 por unidad de PBI	**Energía, incluido el Transporte y Procesos Industriales** 22.2% de las emisiones de GEI INGEI 2012 en GWP 100 AR2
CH_4	**Reducir 57%** la intensidad de emisiones de CH_4 por unidad de PBI	**Reducir 59%** la intensidad de emisiones de CH_4 por unidad de PBI	**Energía, Agricultura, incluida la Ganadería, Residuos y Procesos Industriales** 43.2% de las emisiones de GEI INGEI 2012 en GWP 100 AR2
N_2O	**Reducir 48%** la intensidad de emisiones de N_2O por unidad de PBI	**Reducir 52%** la intensidad de emisiones de N_2O por unidad de PBI	**Energía, Agricultura, incluida la Ganadería, Residuos y Procesos Industriales** 34.0% de las emisiones de GEI INGEI 2012 en GWP 100 AR2

(1) Fuente Primera Contribución Determinada a nivel nacional aprobada por decreto Nro. 310/17

3.2 - Matriz energética

La Dirección Nacional de Energía presenta para el año 2022, un año que estuvo afectado por la sequía, el siguiente gráfico del abastecimiento de la energía (unidades: kilotonelada equivalente de petróleo, ktep).

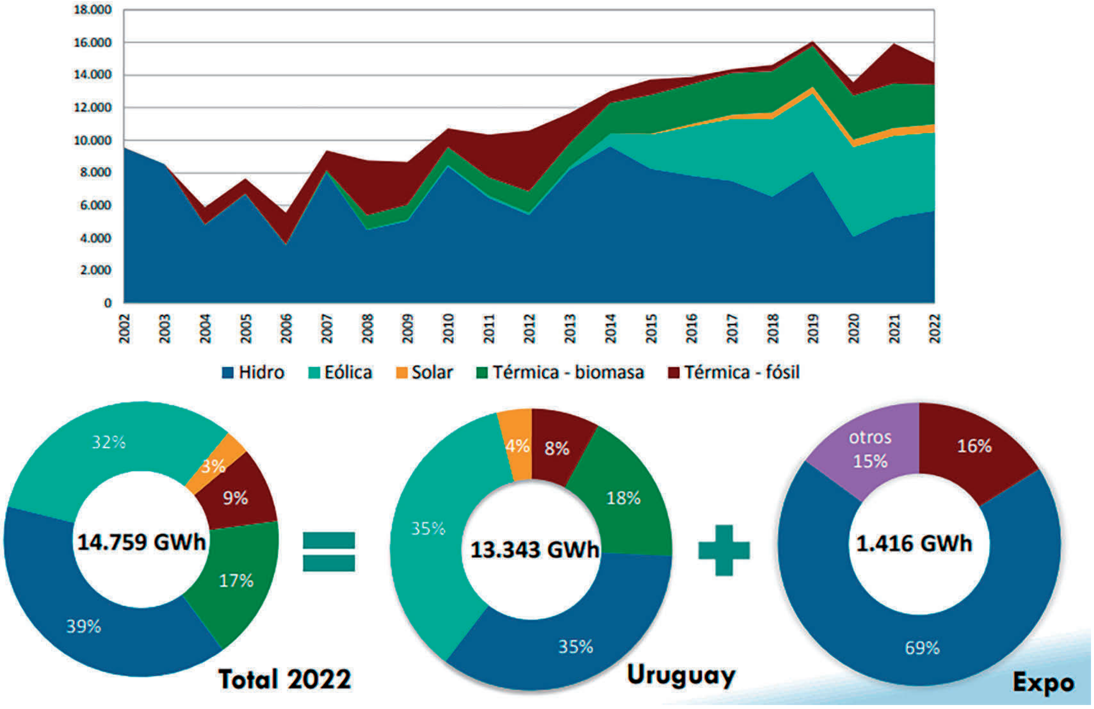


En el año 2019 el MIEM establecía que, del porcentaje de la energía del petróleo (que en aquel año era del 36% del total), los ⅔ se dedicaban al transporte. Probablemente la sequía haya hecho que el incremento de la energía a base de petróleo se haya destinado a la producción de energía eléctrica, pero de todas formas la incidencia del transporte en el consumo de energía no renovable de origen fósil es muy importante.

Por su parte, la Generación de Energía Eléctrica del Uruguay en 2022 fue en un 91% de procedencia renovable, como surge del gráfico que se presenta a continuación divulgado por la Dirección Nacional de Energía. Ello muestra que la energía eléctrica en Uruguay, que ha llegado a tener máximos de 97% renovable en años de lluvias normales, se puede considerar una energía casi totalmente descarbonizada.

II. Generación de electricidad

Generación por fuente (GWh)



3.3 - Hoja de ruta del Hidrógeno Verde - H2U

El MIEM lanza en el año 2022 la Hoja de Ruta del Hidrógeno Verde en Uruguay (www.hidrogenoverde.uy) impulsado por varios factores:

- Ambiciosas metas de descarbonización establecidas a nivel global para el año 2050.
- Matriz eléctrica prácticamente descarbonizada.
- Abundancia de recursos eólicos y solares.
- Hidroelectricidad, red de transporte de energía eléctrica y fácil acceso a biomasa.
- Montevideo como puerto de acceso al Océano Atlántico.
- Disponibilidad de agua dulce.

Las expectativas mencionadas por el MIEM en la citada hoja de ruta, mostraban que para el 2040 la producción de hidrógeno verde en el Uruguay podría acercarse a un millón de toneladas, lo que requeriría la instalación de 20 GW en energías renovables y algo así como 10 GW en electrolizadores.

El desarrollo de una economía de hidrógeno verde a nivel nacional aportará a la diversificación de la matriz productiva nacional, al aumentar el valor agregado a través de un nuevo eslabón industrial y desarrollar el potencial exportador a nuevos mercados a nivel mundial, con la consecuente contribución significativa al desarrollo económico.

Con la finalidad de impulsar el desarrollo del Hidrógeno Verde, con fecha 30 de Marzo de 2022, la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII), el Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM) y el Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU) diseñaron un Programa denominado "Fondo Sectorial de Hidrógeno Verde", el cual está dirigido a financiar proyectos de investigación, innovación y formación en esta temática.

Se formularon las bases del llamado a interesados, se definió el perfil de las empresas que podían presentarse, así como las bases del concurso. También se estableció un beneficio de hasta 10 millones de dólares en la modalidad de financiamiento no reembolsable para el adjudicatario.

Quien resultó seleccionado en primer lugar para la ejecución de este proyecto piloto llamado H24U fue el consorcio integrado por las empresas Saceem y CIR, y recibirá 10 millones de dólares no reembolsables, que se otorgarán en un período de 10 años. Este consorcio será responsable de ejecutar un emprendimiento que incorpore la tecnología de desarrollo y producción de hidrógeno verde, y para ello se prevé una inversión de USD 43.500.000. Con esta iniciativa se busca sentar las bases para avanzar en uno de los pilares de la segunda transición energética en Uruguay. El proyecto consistirá en instalar una planta eléctrica de energía fotovoltaica que alimente un electrolizador, quien generará hidrógeno verde para abastecer una estación de carga de hidrógeno para camiones dedicados a la actividad forestal. El proyecto incluye la compra de 17 camiones que funcionan con ese combustible. El emplazamiento será próximo a la planta UPM2, en las cercanías de Pueblo Centenario. La empresa Air Liquide Uruguay, con más de 60 años de experiencia en la producción y comercialización de hidrógeno en el mundo, proveerá el aporte tecnológico consistente en el suministro, la instalación, puesta en marcha y posterior mantenimiento del electrolizador y de la estación de carga de hidrógeno a los camiones. Se prevé su puesta en operación para la segunda mitad del año 2025.

3.4 - ENERTRAG y su proyecto de producir Metanol verde para exportar a Alemania

Enertrag, empresa alemana de energías renovables, anunció que desarrollará el proyecto Tambor Green Hydrogen Hub, en el departamento de Tacuarembó en el norte de Uruguay. Enertrag anunció que el Tambor Green Hydrogen Hub estará compuesto por plantas eólicas y fotovoltaicas, con una capacidad de 350 megavatios (MW), además de un electrolizador in situ y otras instalaciones que permitirán la captura de CO2 biogénico obtenido de la actividad forestal. Las 15.000 toneladas de H2 verde producidas al año serían convertidas en derivados. En la primera fase del proyecto, el hidrógeno se procesará en e-metanol renovable. El e-metanol producido en Uruguay por la combinación entre el H2 y el CO2 biogénico, podría compensar alrededor del 10% del metanol producido convencionalmente a partir de petróleo crudo proveniente de Rusia en la refinería más grande de Alemania.

El metanol es una materia prima importante para la industria química y puede utilizarse como portador de energía. El gas de síntesis requerido para la producción de metanol se produce principalmente a partir de materias primas fósiles como el carbón. En el proyecto Tambor solo se utilizarán recursos renovables. Por lo tanto el producto final será metanol renovable.

"La transición energética solo puede tener éxito a través de la cooperación internacional y el hidrógeno verde es clave para este éxito", afirma Aram Sander. "Con un rápido aumento del mercado, el hidrógeno no solo puede contribuir positivamente al logro de la desfosilización global, sino que también permitirá reducir la dependencia del gas ruso, desbloqueando así un inmenso potencial económico en todo el mundo que permitirá la participación de la gente".

3.5 - ANCAP y su propuesta para avanzar en la producción de metanol y combustibles sintéticos

Más cercano en el tiempo la empresa ANCAP, a través de ALUR, hizo un llamado a expresiones de interés para desarrollar un proyecto de producción de eFuels (metanol, combustibles sintéticos, o SAF) utilizando el CO2 biogénico que surge como subproducto en su planta de Bioetanol situada en Paysandú. El proyecto consiste en capturar el CO2 biogénico que se produce en la planta de ALUR y que hoy se vierte a la atmósfera e instalar una planta de producción de H2 verde que permita producir, mediante la combinación de ambos elementos, metanol y/o combustibles sintéticos.

La empresa HIF Global fue la seleccionada por ANCAP para desarrollar este proyecto que significará la mayor inversión en la historia del país, en un proyecto de fuerte impacto ambiental.

El proyecto en Paysandú prevé la producción de 180.000 toneladas por año de e-gasolina a partir de la captura de 710.000 toneladas por año de CO2 proveniente de la combustión de biomasa y destilación de alcohol de cereales y de la producción de 100.000 toneladas de hidrógeno verde por año. Para ello se prevé instalar un electrolizador alcalino de 1 GW de potencia y la instalación de 2 GW de generación eléctrica renovable adicionales en el país, a partir de fuentes solares fotovoltaicas y eólicas. El proyecto requerirá una inversión cercana a los USD 1.985 millones en la captura de CO2, producción de metanol y terminación de gasolina sintética, junto con otros USD 2.000 millones en la instalación de parques de aerogeneradores, granjas fotovoltaicas y líneas de transmisión en un radio de hasta 180 km de la ciudad de Paysandú.

4 - El camino de la descarburación en el mundo

Como vimos en la gráfica de emisiones anuales de gases de efecto invernadero, el objetivo que se espera lograr para el año 2050 será inalcanzable si no cambia drásticamente la operación de las plantas de producción que generan como subproductos que envían a la atmósfera grandes cantidades de gases de efecto invernadero, en particular de CO2.

El hidrógeno y sus derivados son ampliamente reconocidos como la clave para una transición energética exitosa y podrían representar entre el 10 y el 20% de la combinación energética para 2050 (fuentes: IRENA, el Consejo del Hidrógeno), particularmente porque puede usarse para descarbonizar la industria y el transporte pesado cuando hay muy pocas o ninguna alternativa. Sin dudas que la transición energética no sucederá sin hidrógeno, pero no parece ser la única solución al problema.

Tradicionalmente el hidrógeno ha sido producido utilizando combustibles fósiles. Actualmente el 95% del hidrógeno que se produce en el mundo se obtiene mediante el proceso de reformado con vapor (steam methane reformer, SMR) que consiste en generar una reacción química entre el metano y agua que genera CO2 e Hidrógeno. El proceso genera importantes emisiones de CO2.

Pretender reemplazar esa enorme producción de H2 por medio de H2, producido por energías renovables (electrólisis) en el corto plazo, implica recorrer un camino de enorme inversión con muchos desafíos técnicos por delante, y que requerirá la asistencia económica de los gobiernos para su desarrollo.

Para cumplir con las metas previstas para el 2050 debemos utilizar además otros mecanismos que aceleren la captación del CO2 que hoy la mayoría de las industrias vierte a la atmósfera.

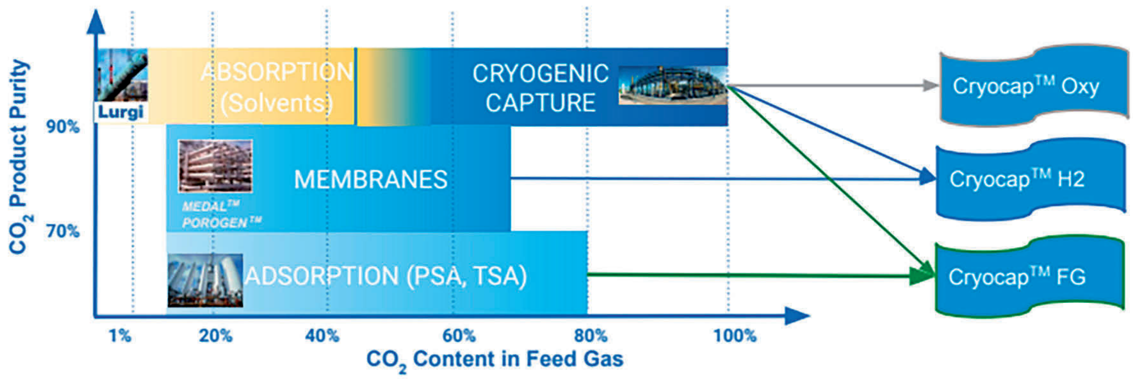
Surge así la posibilidad de emplear ya en las industrias existentes las tecnologías de captura del CO2 que hoy expulsan por sus chimeneas.

Las industrias que más colaboran en enviar CO2 a la atmósfera y en las cuales debemos poner foco a la brevedad con la tecnología existente para evitar seguir contaminando, son las siguientes:

- Plantas productoras de hidrógeno (SMR)
- Fábricas de cemento
- Siderúrgicas
- Refinerías
- Papeleras
- Plantas que utilizan carbón o biomasa

Hay varios métodos para captar el CO2 que emana de las chimeneas y la selección del mismo depende del contenido de CO2 en los gases de combustión y la pureza pretendida para el CO2 captado.

La gráfica que sigue a continuación muestra qué proceso se adecua más para cada relación tenor de CO2 y pureza requerida.



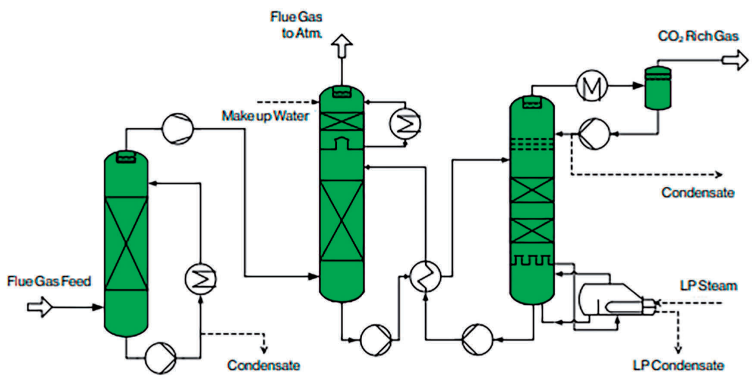
Cryocap es un nombre registrado de la empresa Air Liquide

A continuación describimos los procesos más usuales para la captura del CO2.

4.1 - Captura del CO2 de gases de combustión mediante absorción química (aminas)

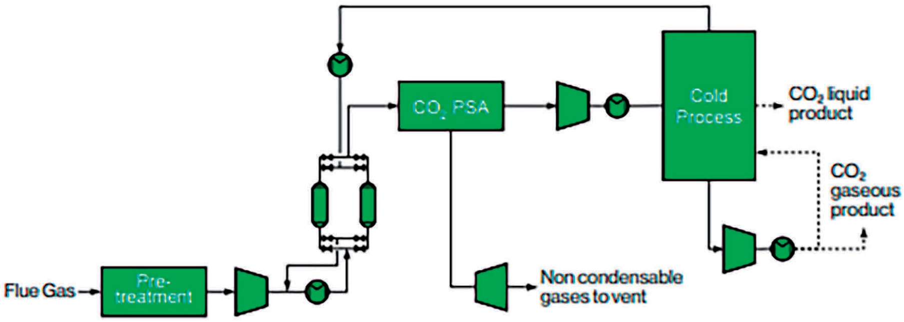
El CO2 contenido en los gases que se liberan a la atmósfera es removido por absorción con un solvente a base de aminas. El solvente conteniendo el CO2 pasa luego por una torre en donde mediante calor libera el CO2 y vuelve a reutilizarse en el proceso. El CO2 gaseoso pasa luego por etapas de purificación eliminando las impurezas que requieran la calidad del producto final, para luego comprimirse, licuarse y almacenarse en estado líquido. Los gases de combustión remanentes se vuelcan a la atmósfera. Se logra recuperar hasta el 95% del CO2 de los gases de combustión. Se alcanzan purezas de CO2 superiores a 99,9%.

Este proceso requiere gases de combustión con tenores de CO2 entre 3% y 25%.



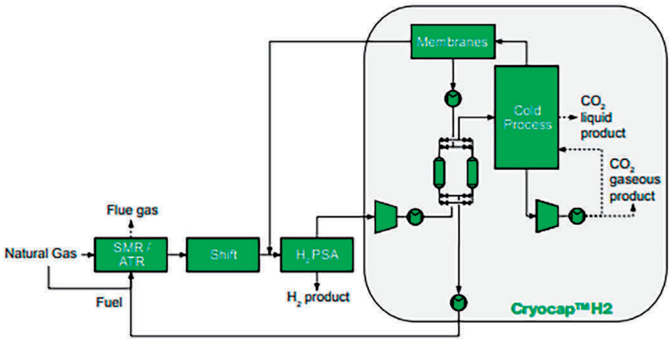
4.2 - Captura de CO2 de gases de combustión de refinerías, plantas de cemento, acero, cal

Los gases de combustión se comprimen, secan y se envían a una PSA en donde se hace una separación primaria del CO2 contenido en los gases. Luego esta corriente pasa por un proceso criogénico donde el CO2 se captura mediante una combinación de condensación parcial y destilación que asegura la eliminación de componentes pesados como NOx y los livianos como O2, N2, Ar, NO y CO. El CO2 luego se licúa y se almacena en estado líquido. Se logra recuperar hasta un 95% del CO2 de los gases de combustión.



4.3 - Captura de CO2 de plantas de producción de Hidrógeno (SMR, ATR)

El producto rico en CO2 que surge de la PSA se comprime, seca e ingresa a un proceso criogénico en donde el CO2 se separa de los otros componentes mediante una combinación de condensación parcial y destilación. Los gases no condensables son reciclados en una membrana que permite recuperar H2 y CO2, aumentando entonces la eficiencia en la producción de H2 del SMR. Los gases residuales se envían a los quemadores de la planta de producción de H2. El CO2 luego se licúa y se almacena en estado líquido. Se logra recuperar un 98% del contenido de CO2 de los gases de combustión.



4.4 - ¿Qué hacer con el CO2 capturado?

El CO2 capturado es transportado por cañería (en estado gaseoso cuando se extrae en forma gaseosa se comprime y no se licúa), por barco, por tren o por camión hasta el lugar donde se va a utilizar o, para el caso que no tenga un uso inmediato, para las zonas donde será inyectado en las formaciones geológicas profundas que se han formado en reservorios de petróleo y gas agotados o acuíferos salinos.

Por la sigla CCUS (Carbon Capture, Utilization and Storage) se conoce el CO2 capturado que luego es utilizado nuevamente en la industria. La sigla CCS (Carbon Capture Storage) representa el CO2 capturado que luego se almacena en los reservorios antes mencionados.

Actualmente se utiliza CO2 recuperado principalmente en la industria de fertilizantes, para la fabricación de urea y para la recuperación mejorada de petróleo. Las nuevas vías de utilización en la producción de combustibles sintéticos, productos químicos y agregados para la construcción a base de CO2 están cobrando impulso.

La captura de CO2 permite el abatimiento drástico de las emisiones de varias industrias en donde no es sencillo adecuar su proceso de producción a nuevas tecnologías (acero, cemento). También permite transformar la actual producción de H2 gris o negro en hidrógeno azul de bajo costo y baja huella de carbono, lo cual permitirá apoyar la descarbonización de otras partes del sistema energético como es el transporte, tanto por carretera como marítimo y aéreo, aprovechando enormes inversiones existentes en plantas que hoy están en pleno funcionamiento y que no han llegado al fin de su vida útil.

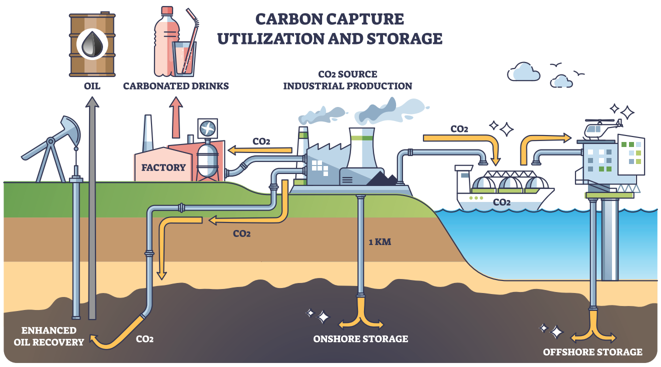
El reporte del año 2022 del Global CCS Institute indica que existían en el mundo 194 grandes instalaciones de CCS, mostrando un importante crecimiento respecto a las 51 que existían en el año 2019. La capacidad de captura de CO2 alcanzaría las 244 millones de toneladas en 2022, mostrando un incremento del 44% respecto al año anterior.

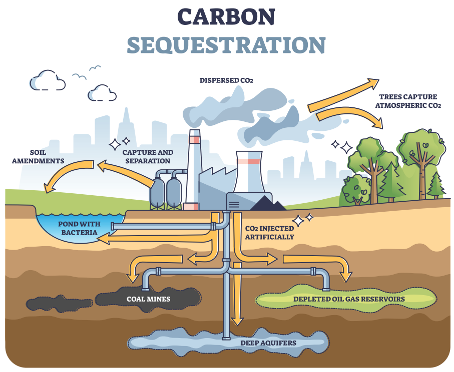
El modelo de negocios de CCS está aún transitando una etapa de desarrollo. Además del apoyo y movilización del sector industrial, su viabilidad dependerá en

gran medida de dos factores: el apoyo de gobiernos e instituciones internacionales como la UE, tanto desde el punto de vista financiero como regulatorio, y el precio del carbono. La buena noticia es que un número cada vez mayor de partes, ya sea del lado industrial o institucional, ahora parece estar listo para tomar medidas para hacer que estos proyectos sean viables. En cuanto al precio del carbono, es difícil predecir su evolución a corto plazo, pero podemos anticipar que los precios aumentarán a largo plazo, tanto por la presión ambiental como regulatoria. Aunque el precio de capturar y almacenar carbono puede variar mucho según el proyecto, la captura y el almacenamiento de CO2 se encuentran ahora entre las soluciones más competitivas para descarbonizar la industria, si no la más.

En la situación actual de la industria CCS, se observa que el porcentaje de CO2 recuperado reutilizado en la industria es aún muy bajo con respecto al porcentaje de CO2 que se almacena en reservorios.

A continuación, algunos esquemas de reutilización del CO2 capturado y de su almacenamiento en reservorios en formaciones geológicas.



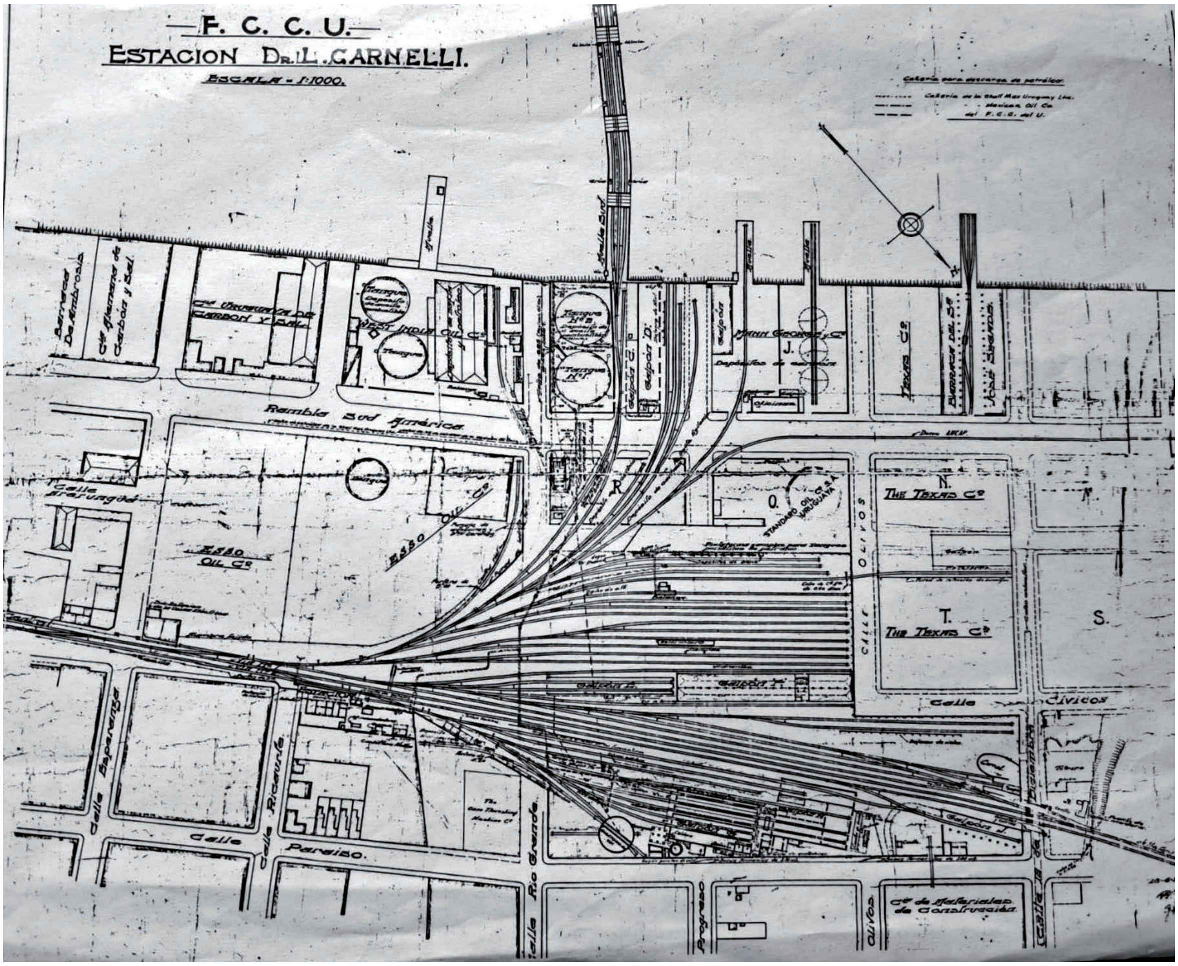


Fuentes: National Grid 2023 e IEA



5 - Grandes proyectos en los que está trabajando Air Liquide en el mundo

Nombre	Ubicación	Tecnología	Objetivo
Arcelor Mittal	Dunkirk, Francia	Suministro H2 + CCS	Reducción en 2,85 Mton/año las emisiones de CO2 para 2030 (subsidio del estado alemán de 850 MEuros)
Borealis, ESSO, SAF, Total Energies	Normandía, Francia	CCS	Reducción en 3 Mton/año las emisiones de CO2 para 2030
Curthyl	Rotterdam, Países Bajos	Electrolizador PEM 200 MW	Hidrógeno renovable para destinar a industria y movilidad. Reducción de 120 kton/año de CO2
ELYgator	Terneuzen, Países Bajos	Electrolizador PEM y Alcalino 200 MW	Primer electrolizador que mejora la estabilidad de la red eléctrica y puede seguir la producción de energía renovable en tiempo real. Reducción de 3,3 Mton CO2 en 10 años
Khairos - BASF	Puerto de Amberes, Bélgica	CCS y producción de H2 de bajo carbono	Reducción de 1,5 Mton/año en emisiones de CO2
Porthos	Rotterdam, Países Bajos	CCS	Reducción de 2,5 Mton/año en emisiones de CO2
HtTrucks	Alemania, Bélgica, Países Bajos	Electrolizadores + SMR con CCS	Red de 25 puestos de carga de H2 para movilidad (camiones). Reducción de 100 kton/año de emisiones de CO2
Rh2ine	Uso de transporte fluvial a H2 en el Río Rhin	Suministro de H2 y equipamiento requerido para la carga de H2 a los buques	Reducción de 25 kton/año de emisiones de CO2
Trailbrazer	Oberhausen, Alemania	Electrolizador PEM 30 MW	Conexión de H2 renovable a los gasoductos de H2 y O2 para descarbonizar la zona industrial Rhin - Ruhr
Port Jerome	Port Jerome, Francia	CCS en un SMR	Reducción de 100 kton/año de emisiones de CO2
Normand'Hy	Normandía, Francia	Electrolizador PEM 200 MW para descarbonizar la zona industrial de Normandía	Producción de H2 renovable. Reducción de 250 kton/año de emisiones de CO2
Air Liquide & Siemens Energy	Europa	Joint Venture para el desarrollo de electrolizadores PEM capacidad mayor a 50 MW a utilizarse en la Unión Europea	
Becancour	Becancour, Canadá	Electrolizador PEM 20 MW que funciona con energía renovable para abastecer con H2 la industria del noreste de Norteamérica	Producción de H2 renovable. Reducción de 27 kton/año de emisiones de CO2
Electronics Hydrogen Plant	Tainan, Taiwan	Electrolizadores alcalinos 5 x 5 MW	Producción de H2 de alta pureza para la industria electrónica en la región más avanzada del mundo en la producción de semiconductores. Parte del H2 se destinará a movilidad
North Las Vegas, Nevada	Las Vegas, Estados Unidos	Producción de H2 por SMR + CCS y licuación de H2	Producción de 30 ton/día de H2 para abastecer a más de 200 estaciones de servicio para aplicaciones en todo tipo de vehículos H2
Hy Balance	Hobro, Dinamarca	Utilizar la energía renovable sobrante en la red para producir y almacenar H2. Balancea la carga de la red eléctrica	El H2 almacenado se vuelva a la red de H2 para abastecer industrias y/o a la carga de vehículos



Accesos al Puerto de Montevideo

CONCEPTOS SOBRE LO INVERTIDO

Autor
Ing. Civil Guillermo del Cerro Roldós

Muy claro debemos tener que primero fuimos Puerto, luego ciudad, posteriormente la Gobernación de Montevideo, para finalmente llegar a lo que hoy somos. Y como puerto, primero designados como Apostadero para la flota naval de la corona de España en 1776 y posteriormente como puerto comercial.

En tanto Apostadero Naval, el acceso al Puerto de Montevideo no resultaba de mayor importancia ni gravitación, bastaba con permitir el avituallamiento de las naves de la flota de guerra española. Ya a partir de 1778 en su nueva faceta comercial, el Puerto pasa a ser un eslabón clave en la comercialización de exportaciones, importaciones y de a poco –y en permanente crecimiento- los tránsitos de mercadería desde y hacia la región.

Con el advenimiento del nuevo puerto a principios del siglo XX, los accesos son los que podían funcionar como tales y que la creciente ciudad permitía. Así podemos ver en la ilustración superior, cómo se pensaba

la Avenida Portuaria en 1928, actual Rambla 25 de Agosto. El millón y poco de toneladas, que ilustramos en un artículo anterior, fue el movimiento portuario durante décadas y hasta fines de la década del 80 no aparecieron los denominados "Accesos a Montevideo", una inversión en infraestructura vial que incluyó la magnífica Rambla Portuaria.

Entre los años 1920 y 1940 algunos muelles particulares ubicados fuera del actual recinto portuario y vinculados a la importación de combustible, adentraban en la bahía y tenían su propio acceso ferroviario vinculándose a la estación Carnelli. Se lo puede apreciar en imágenes aéreas de 1926 y también en el plano que ilustra este artículo, donde se observan siete desvíos a distintas compañías de combustibles. Años después uno en particular pasó a resultar clave: el acceso a la refinería de La Teja.

Ya construida la Dársena de Inflamables, pomposo título para el hoy conocido como Muelle La Teja (proyectado y construido inteligentemente para permitir dragados a cota -10m), y con la posterior implantación de la refinería de Ancap, la conexión ferroviaria resultó vital. Las principales plantas de almacenaje de combustible del país tienen acceso ferroviario y por ende conexión con la refinería y el Muelle La Teja.

Hoy podemos apreciar una enorme obra como es el viaducto portuario, con una inversión de más de 130 millones de dólares y en breve se concretará el nuevo acceso al puerto de Montevideo, con tecnología, sistemas de cabinas y balanzas, todo adecuado para el fluir de las cargas en los gates portuarios. Uno de los fines de la construcción del viaducto fue agilizar el ingreso de los ferrocarriles que transportarán celulosa para ser embarcada por el puerto de Montevideo.

Montevideo, su puerto, moviliza unas 18 millones de toneladas por año, si le sumamos las 2 millones de toneladas de celulosa, rondará los 20 millones. De ese total, un 10% se vinculará al puerto por modo ferroviario, un guarismo muy interesante a nivel internacional para un puerto multicargas. En Europa el promedio de toneladas movilizadas por ferrocarril hacia o desde los puertos oscila entre el 5 y el 20%. Hay casos como el Puerto de Ponta de Madeira en São Luiz, Brasil, con un acceso del 100% de mineral de hierro proveniente de la mina de Carajas (y embarcan 110 millones de toneladas por año).





La facilidad que genera el ingreso por ferrocarril, existiendo un viaducto obviamente, se apreciará en el momento que la celulosa deje de llegar por camión e ingrese por tren. Pero a esta celulosa le seguirán los contenedores de exportación, no todos los 100.000 anuales pero una buena parte lo hará. El tránsito por los accesos al puerto, con un aumento muy significativo de automóviles, va a terminar transfiriendo parte de la carga del modo camión al modo ferrocarril, más que un menor costo -que efectivamente tiene el ferrocarril- el ahorro en tiempos influirá.

Se ha informado que el sistema ferroviario entre Paso de los Toros y Montevideo soportará unos 4 millones de toneladas anuales, de las cuales aproximadamente un 50% serán de celulosa, quedando 2 millones de toneladas al año disponibles para el transporte ferroviario en recorridos desde o hacia el puerto de Montevideo. Esta última cifra duplica lo transportado en promedio en la década pasada. Los volúmenes transportados de combustibles rondaron las 100.000 toneladas anuales (entre los años 1997 y 2015) y tanto un aumento en combustibles convencionales o la aparición de nuevos combustibles podrá perfectamente ser absorbido con la capacidad de transporte ferroviario que habrá a partir de 2024.

Así como puede observarse lo que está pasando y pasará con referencia a los accesos en el recinto portuario de Montevideo y los modos de transporte que en él confluyen, lo mismo podemos estimar que ocurrirá en otra parte del puerto de Montevideo, los muelles de La Teja y sus accesos.

El transporte ferroviario puede tener una oportunidad para el manejo de cargas vinculadas a los tanques allí instalados. Para ello es menester mantener el acceso ferroviario desde Carnelli hasta los muelles de La Teja. Además, sería conveniente en estos meses que restan de inactividad ferroviaria realizar un mantenimiento, de no grandes cifras, para su puesta a punto, acorde a todo lo que se ha invertido en el resto de los accesos portuarios. Este acceso permite el transporte de combustibles hacia y desde todo el país, vinculándolo con los tanques y el Muelle de La Teja. No es poca cosa.



Una mirada al fenómeno actual de la Inteligencia Artificial



Autor
Ing. Eduardo Mangarelli
Decano de la Facultad de Ingeniería Universidad ORT Uruguay, Presidente de Endeavor Uruguay, Inversor y Director de empresas tecnológicas

La era GPT

La Inteligencia Artificial (IA) se ha consolidado como un tema recurrente en las discusiones cotidianas, generando cuestionamientos profundos tales como: ¿desplazará la IA a los humanos en el ámbito laboral?, ¿cuánta inteligencia poseen realmente estos sistemas?, ¿cuál es su impacto en la educación?, o ¿representa la IA un peligro? Estas inquietudes se debaten tanto en foros especializados, como en espacios de entusiastas y círculos de personas con curiosidad sobre la temática.

Comencemos contextualizando con un poco de historia: es razonable afirmar que durante las últimas dos décadas hemos estado construyendo sistemas basados en la IA. Este amplio espectro abarca desde modelos predictivos y "motores" de recomendación personalizada, pasando por la traducción y clasificación de textos, hasta sistemas avanzados de visión por computadora y soluciones para la detección de fraude.

En este tiempo, disciplinas como la ciencia de datos, el aprendizaje automático y el big data han tomado particular relevancia. Esto ha dado lugar a la definición de nuevos roles en las organizaciones, creando nuevas profesiones y nuevas áreas de formación y especialización académica y profesional centradas en estas tecnologías. De hecho, buena parte del fenómeno de la Transformación Digital que hemos vivido en los últimos años tiene un fuerte pilar en la IA.

Sin embargo, hasta octubre de 2022, la IA no era un tema de charlas fuera del ámbito profesional: ¿qué fue lo que cambió?, el surgimiento de ChatGPT, desarrollado por la empresa OpenAI.

ChatGPT, dentro de la disciplina de la IA, es un chat basado en el modelo de lenguaje GPT, implementado con una clase de red neuronal profunda llamada Transformer. En 2017, Google presentó dicha arquitectura de red neuronal en su artículo de investigación "Attention is All You Need" [1]. Esta fue la primera arquitectura basada en "mecanismos de atención" para procesamiento de lenguaje natural, mecanismo más eficiente y paralelizable que sus predecesores.

OpenAI, lanzó en 2019 su primera versión de GPT (Generative Pretrained Transformer), GPT-2, diseñado para generar respuestas coherentes y contextualmente relevantes en una conversación. Luego vino GPT-3 en 2020, pero dichas versiones eran accesibles vía APIs (Application Programming Interface), o en el OpenAI Playground [2].

Fue recién con el lanzamiento de ChatGPT (GPT-3.5) que la capacidad de interpretar y generar texto se hizo accesible para el público en general, destacando los siguientes aspectos:

1) Su interfaz basada en chat, que hace sumamente intuitivo y sencillo su uso, incluso para usuarios sin conocimientos previos.
2) La arquitectura de GPT, es la responsable de que cada respuesta sea una construcción única y original, generada palabra a palabra específicamente para responder a la instrucción recibida.
3) Su capacidad de manejar el contexto de la conversación, le permite interactuar manteniendo coherencia temática a lo largo del chat, proporcionando respuestas basadas en los mensajes previos.
4) GPT-3.5 fue entrenado con un corpus de datos extenso y diverso, que comprende una amplia gama de textos de Internet. Este conjunto incluye literatura, sitios web, libros, artículos, blogs y otros tipos de contenido disponibles en internet. Si bien no se revelan detalles específicos sobre los documentos exactos empleados en el conjunto de datos, se sabe que es un compendio de textos en varios idiomas, géneros y temas. Es importante aclarar que fue entrenado con información disponible hasta setiembre de 2021.

La combinación de estos factores es lo que explica la tendencia de adopción (100 millones de usuarios en los primeros 60 días) y provoca la sensación de "asombro" entre los usuarios, a los que en sus primeras interacciones se les hace difícil discernir si la conversación es con un humano o con una máquina.

El fenómeno GPT es mucho más amplio que ChatGPT

ChatGPT ha demostrado capacidades remarcables en diversas áreas del manejo del lenguaje, incluyendo la interpretación, generación y traducción de texto, así como en la resolución de problemas que requieren razonamiento, entre otros campos.

Sus múltiples escenarios de uso aportan a los usuarios una mayor productividad, mejora en la comunicación y calidad de los textos, fuente de inspiración y amplificación de sus propias capacidades.

Sin embargo, su alcance va más allá del Chat: tanto GPT-3.5 como GPT-4.0 (la última versión lanzada en marzo de 2023) son accesibles vía APIs, posibilitando que múltiples aplicaciones y servicios integren las capacidades de GPT dentro de sus funcionalidades. Esto ya es una realidad en la actualidad.

Desde Bing [3], el buscador de internet de Microsoft, que utiliza GPT-4.0 para combinar resultados de búsqueda en internet con las capacidades de interpretación y generación de texto de GPT, hasta Salesforce, una de las herramientas de CRM más utilizadas a nivel global, que integra GPT para optimizar la redacción de mails a ser enviados por los agentes comerciales. Actualmente son decenas las aplicaciones y servicios que integran GPT en sus capacidades y funcionalidades.

Las APIs mencionadas posibilitan que las empresas realicen lo que es llamado 'fine-tuning' de GPT, permitiéndoles adaptar el modelo preexistente de GPT combinándolo con datos propios, es decir, entrenar a GPT con información particular de la empresa, con el objetivo de abordar necesidades particulares en uno o varios escenarios de negocio. Por ejemplo, una organización puede entrenarlo con la información del histórico de contratos digitales, permitiendo así que GPT sea capaz de escribir nuevos contratos con similares características.

Los modelos de lenguaje

Además de OpenAI, que cuenta con una fuerte alianza (e inversión) de Microsoft, existen otras compañías desarrollando modelos de lenguaje (LLM: Large Language Models) a gran escala.

Algunas de estas son:

1) Anthropic AI, fundada por exintegrantes de Open AI, cuyo modelo de lenguaje es Claude [4].
2) Google, cuyo modelo de lenguaje es PaLM 2, accesible para los usuarios a través de su aplicación web Bard [5].
3) Meta (Facebook) y su modelo de lenguaje Llama [6].

Cabe destacar, que tanto PaLM 2 como Llama son Open Source, a diferencia de GPT y Claude. Los distintos modelos de lenguaje varían en:

- El corpus de datos con el que fueron entrenados, y en consecuencia el conocimiento adquirido.
- La cantidad de parámetros del modelo, que son una medida de su complejidad.
- La ventana de contexto (típicamente expresada en Tokens), que describe la extensión de una conversación que el LLM es capaz de manejar.
- El tiempo de respuesta.
- Los aspectos de la implementación de la arquitectura de Transformers.
- La capacidad de proporcionarles uno o varios archivos para ser procesados por el modelo.
- El soporte de PlugIns, como formas de integrar fuentes externas de datos.

Estos múltiples aspectos, son los que condicionan que algunos LLMs sean más efectivos en ciertas tareas específicas, por ejemplo, Claude-2 tiene un contexto de 100.000 tokens (~75.000 palabras), característica que lo destaca para interpretar, analizar y generar grandes volúmenes de texto. Sin embargo, en la gran mayoría de las evaluaciones comparativas, GPT-4.0 resulta el LLM más potente; por ejemplo en la evaluación de AgentBench [7] , GPT-4.0 supera a los demás modelos evaluados en siete de las ocho categorías analizadas.

Recomendación: Poe [9] es una aplicación (para smartphone y web) que permite acceder a múltiples LLMs, entre ellos los cuatro mencionados previamente.

Más allá del texto y el lenguaje natural

Los modelos de lenguaje se categorizan dentro del área de conocimiento de la IA Generativa. Estos son modelos de aprendizaje profundo diseñados (sobre la arquitectura de Transformers) para generar nuevo contenido de forma automática, incluyendo texto, imágenes, audio, video o código de programación.

De esta forma, es posible conceptualizar "ChatGPTs" para imágenes, audio, video y código de programación.

Aquí algunos ejemplos:

- Imágenes: MidJourney, Stable Diffusion, Adobe Photoshop AI, Playground.ai, DALLE-2.
- Video: Runway.
- Audio: MusicLM (Google), AudioCraft (Meta/ Facebook).
- Código de programación: GitHub Copilot.

Cada una de estas herramientas, establece una nueva expectativa dentro de la disciplina en la que se encuentra. Por ejemplo, hoy es de esperar que quien se postula a un puesto de Diseñador Gráfico, tenga habilidades en el manejo de herramientas de IA Generativa de imágenes.

En múltiples tareas, roles y profesiones, se establecerá un nuevo estándar de expectativas que incluirá el uso de la IA Generativa como copiloto para su desempeño.



Si nos detenemos en el escenario de la generación de imágenes, IA puede ser una herramienta sumamente relevante para los artistas y diseñadores gráficos. Puede ayudar a generar ideas, proporcionar inspiración y acelerar el proceso de creación. Por ejemplo, un artista podría utilizar un modelo generativo para crear una serie de bocetos iniciales, y luego seleccionar y refinar los que más le gusten. Además, los modelos generativos pueden ser entrenados en diferentes estilos y géneros, lo que permite a los artistas explorar una amplia gama de estéticas y temáticas.

Sin embargo, también es importante destacar que la IA Generativa no reemplaza la creatividad humana, sino que la complementa. La creatividad implica no solo la generación de ideas nuevas, sino también el juicio crítico, la intuición y la empatía, aspectos que aún son exclusivamente humanos. Los artistas y diseñadores pueden utilizar la IA Generativa como una herramienta para ayudar a realizar su visión creativa, pero al final, la dirección y la decisión final siguen recayendo en el ser humano.

Nueva tecnología, desafíos consecuentes

Los desafíos y riesgos que acompañan a la IA Generativa son numerosos y de diversa índole:

1) Sesgos: El hecho de que estos sistemas están entrenados con datos existentes (cargados con nuestra historia y cultura), como textos e imágenes, trae consigo el hecho de que puedan contener sesgos de género, raza o de cualquier otro tipo.

2) Privacidad: El uso y entrenamiento de estos modelos, implica en ciertos casos proveerles información personal o de la organización, para que analice y nos genere un resultado. Las políticas de privacidad de cómo esta información es manejada, tanto la ingresada como la generada, es un tema a evaluar en la tecnología a ser utilizada.

3) Propiedad Intelectual: Cuando un modelo de IA genera una imagen, una pieza de texto, o cualquier otra forma de contenido, ¿Quién posee la propiedad de ese contenido?, ¿el que creó el modelo, el que dio la instrucción para la generación del contenido o los que generaron los datos de entrenamiento? Estas son preguntas que todavía están siendo debatidas y que tienen importantes implicaciones para los derechos de autor y la propiedad intelectual. Es importante a la hora de seleccionar una tecnología a utilizar, el tener claras las respuestas a estas preguntas.

4) Los LLMs no están exentos de errores: en su contexto, se les atribuye frecuentemente el fenómeno de las "alucinaciones". Estas alucinaciones se refieren a la producción de textos que, aunque pueden parecer convincentes a primera vista, son de hecho incorrectos o infundados. Un área de investigación crucial en este campo es determinar hasta qué punto estas alucinaciones pueden ser reducidas y cuántas de ellas son inherentes al propio modelo.

5) Integridad Académica: La educación es un sector claramente impactado por este fenómeno. El riesgo que conlleva la creación de contenidos basados en IA pone en jaque al modelo de evaluación tradicional. Es imperioso realizar defensas de los trabajos presentados y reformular la manera en que estos son planteados, partiendo de la base de que la IA será utilizada en su elaboración.

6) Contenidos falsos: Tal vez uno de los riesgos más conocidos de la IA Generativa es la creación de contenidos falsos o "deepfakes". Esto puede ser utilizado para propagar y generar información engañosa de maneras que pueden ser dañinas o peligrosas. Claramente esto no es nuevo, pero la IA, como amplificador de capacidades, puede ser usada para generar contenidos variados y falsos a gran escala con fines nocivos.

7) Empleos: La IA Generativa no sustituye un empleo, pero sí automatiza e incrementa la productividad en múltiples tareas. El impacto en cómo esto reconfigura ciertos empleos será un tema de atención.

8) Marco regulatorio: La velocidad a la que estas tecnologías han irrumpido, ha desafiado a los gobiernos a entender e intentar generar un marco normativo para esta y otras múltiples dimensiones de la IA. La Unión Europea es quien más ha avanzado con su AI Act [8], un proyecto que no deja de ser controversial por el riesgo de limitar la innovación.

Sobre este artículo y ChatGPT

Personalmente, he estado vinculado y trabajado en proyectos de inteligencia artificial por más de diez años, como director de innovación e ingeniería en Microsoft, como socio y director de Tryolabs, y ahora también como decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad ORT Uruguay, donde claramente una de las áreas claves de formación y conocimiento es la Inteligencia Artificial.

Esta ola de la IA Generativa me ha generado especial interés, por el impacto que tiene en múltiples tareas, disciplinas, áreas de negocio, y más, pero especialmente por el impacto en nosotros, las personas.

Durante los últimos meses, he tenido la oportunidad de presentar GPT en conferencias en múltiples ámbitos: desde eventos centrados en el sector de la educación, hasta aquellos especializados en ciberseguridad, pasando por foros de marketing, hasta para directorios de empresas que buscan comprender este fenómeno y evaluar el impacto en su industria y su negocio.

Una parte fascinante de esta experiencia con múltiples audiencias ha sido observar los diversos y creativos usos que distintas personas y organizaciones le dan a la IA Generativa como forma de mejorar la calidad de su trabajo, amplificar sus capacidades y de tener nuevas fuentes de creatividad.

Estamos en una etapa inicial del entendimiento de cómo estas tecnologías transformarán la forma en la que realizamos distintas tareas, especialmente aquellas relacionadas con el texto y el lenguaje. De hecho, una pregunta aún sin respuesta, siendo tema de investigación y estudio, es si los LLMs son simplemente un motor estadístico, o si estos crean internamente cierta representación de la realidad y capacidad de razonamiento [10] [11], y como consecuencia, hasta dónde llega su potencial.

¿Sobre este artículo y ChatGPT? Cada palabra de este artículo la escribí personalmente, pero por supuesto que utilicé ChatGPT como mi copiloto, particularmente lo utilicé para corregir cada párrafo, con el siguiente prompt: "corrige este texto, todas las modificaciones que hagas márcalas en negrita".

[1] https://arxiv.org/abs/1706.03762

[2] https://platform.openai.com/playground

[3] https://bing.com/chat

[4] https://www.anthropic.com/product

[5] https://bard.google.com

[6] https://ai.meta.com/llama

[7] https://arxiv.org/abs/2308.03688

[8] https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS_BRI(2021)698792

[9] https://poe.com

[10] https://arxiv.org/abs/2210.13382v4

[11] https://www.preprints.org/manuscript/202308.0148/v1

Asociación de Ingenieros del Uruguay

Acompañando a la Ingeniería desde 1905

¿Qué es AIU?

La AIU es una asociación civil con finalidad gremial fundada el 12 de octubre de 1905, con personería jurídica reconocida por Resolución del Poder Ejecutivo de fecha 28 de julio de 1922.

¿Qué buscamos?

Ser reconocidos como una institución referente de la ingeniería nacional y contribuir mediante su superación al desarrollo de la ingeniería del país, al progreso y bienestar social y a la dignificación personal.

¿Qué hacemos como asociación?

Fortalecemos permanentemente la institución para beneficio de sus asociados, de la profesión en general y de la sociedad. Promovemos la comunicación y el intercambio técnico y de experiencias entre asociados. Nos relacionamos con instituciones nacionales y extranjeras.



Asociate

Participá de los eventos y actividades que tenemos para ofrecerte

Asociación de Ingenieros del Uruguay

Cuareim 1492
(+598) 2901 1762 / 2900 8951
(+598) 98 869 645
aiu@vera.com.uy
www.aiu.org.uy

aingenierosu
aingenierosu
aingenierosu
@aingenierosu
Asociación de Ingenieros del Uruguay

Las crisis globales y la ciberseguridad de la economía digital



Autor
Ing. Eduardo Carozo

Introducción

Hace un año terminó la pandemia pero, como los humanos necesitamos tener amenazas para no distraernos con cosas banales, hemos levantado el telón de la guerra. En particular nos enfocaremos en analizar las consecuencias de la guerra híbrida y la ciberguerra en los sistemas de información actuales.

En agosto de 2022 las tensiones geopolíticas alcanzaron niveles extremadamente elevados y se volvieron multipolares. Los protagonistas principales de estas tensiones son: Estados Unidos, China y Rusia, que conjuntamente con otros países y organizaciones no tan visibles, por el momento, han elegido como campo de batalla física el territorio de Ucrania y zonas fronterizas de Rusia con dicho país, con todos los horrores que esto significa para las poblaciones locales. Si bien no es el único conflicto en tiempos actuales, lo tomaremos como caso de estudio, por lo relevante del evento.

Definición del concepto "Guerra Híbrida"

Es importante comprender que la naturaleza de la guerra ha experimentado una profunda transformación, dejando atrás las tácticas convencionales utilizadas en conflictos pasados como la Segunda Guerra Mundial, Corea y Vietnam. El escenario actual de confrontación ya no solo involucra combatientes físicos en campo, sino que también pone en el punto de ataque a empresas de sectores vitales como suministro de energía eléctrica, el suministro de agua, atención médica, el transporte público y privado, logística y banca de los países involucrados. Estas organizaciones se han convertido en objetivos muy valiosos para actores militares y terroristas.

Estos cambios se gestan por la convergencia de varias fuerzas: la interconexión de la economía global, la omnipresencia de Internet, la expansión de las superficies digitales de ataque, por la interconexión, la desordenada orquestación de sistemas y el explosivo crecimiento de la Internet de las cosas (IoT). Este desarrollo implica mayor ubicuidad del procesamiento, almacenamiento y transmisión de la información.

Todas estas condiciones están posibilitando una combinación de nuevas tácticas de guerra cibernética, de alto impacto que hasta el momento, eran utilizadas en forma esporádica.

El primer ejemplo de un ataque de alto impacto tuvo lugar en 2010 en Natanz, Irán. Este ataque dirigido a detener la producción de uranio enriquecido empleó una herramienta denominada Stuxnet. Dicha herramienta de malware aún persiste en muchos sistemas de control automático en América Latina.

Este malware aprovechaba vulnerabilidades desconocidas (exploits "zero day") en diversos sistemas operativos, en especial Windows y Siemmens STEP7. Estos exploits fueron diseñados para interferir con el funcionamiento del mundo ciberfísico de las centrifugadoras utilizadas en la recolección del material nuclear. Este ataque luego afectó significativamente a más de otros mil equipos industriales, afectando los procesos críticos de la empresa Chevron entre otras, y provocándole pérdidas millonarias.

El malware había sido ideado, diseñado y preparado durante al menos cinco años. Este proceso de desarrollo de herramientas de malware para interactuar con el mundo ciberfísico es cada vez mas rentable y atractivo, y es de esperar que existan cientos de organizaciones de programadores, creando nuevas variaciones de la herramienta que permitan controlar diferentes actuadores de otras verticales de negocio, como logística de combustible, transporte, agua potable, energía o comunicaciones.

Luego han aparecido una multiplicidad de herramientas que propician ataques más masivos utilizando dispositivos IoT (como por ejemplo: routers hogareños), los cuales se cuentan por millones. Un ejemplo de estos ataques es la botnet Mirai que emergió en 2016 y continúa siendo hasta hoy una de las más activas. Estas redes se utilizan para vender servicios maliciosos consistentes en ataques distribuidos a empresas víctima. Lo logran canalizando cientos de miles de solicitudes de diferentes direcciones IP a una única IP objetivo, saturándola y provocando su salida de servicio. Estos servicios se alquilan por valores promedio de 5 dólares la hora en los mercados digitales ilegales.

El año 2021, en plena pandemia, la situación forzó a personas y empresas a hacerse cargo de mantener la conectividad como plan de contingencia al aislamiento físico.

Se observó un incremento cercano al 200% en el tráfico de datos debido al uso generalizado de las plataformas de videoconferencia y se abrió un nuevo frente de exposición a Internet de las redes corporativas. La necesidad de conectar empleados administrativos con el núcleo de estas redes desde sus hogares, con equipos sin supervisión, generó un acceso adicional sin controles de seguridad efectivos. Esto implicó un descenso inmediato en la calidad del control de acceso de las redes corporativas a nivel global.

Con acceso irrestricto a las redes, procesar y encriptar las bases de datos que hubiera en ellas se podía hacer en cuestion de unas horas en una empresa de porte mayor (provocando la captura y secuestro de valores de decenas de millones de dólares) y una extorsión a cambio de una clave se ha vuelto un negocio muy rentable, de bajo riesgo y se lo puede ejecutar a distancia. Aparecen en consecuencia varias versiones de software malicioso para secuestro y extorsión de información denominados Ransomware, (que son modificaciones del original Wanacry) con una página web de doble extorsión.

¿Qué significa la doble extorsión?

Definamos el concepto de "doble extorsión". Significa que si la información secuestrada por el Ransomware es valiosa para la operación pero no afecta la reputación de la organización víctima o sus directivos, se les permite pagar por las claves de recuperación en uno o dos escalones de criptomonedas. Ahora, si la información capturada es valiosa por su confidencialidad porque, de difundirse puede provocar demandas a la empresa o ser muy dañosa reputacionalmente para la organización víctima, entonces se publica en un portal en una fecha límite determinada, salvo que antes de la misma se les pague en criptomoneda no trazable el monto de la extorsión. En estos ataques el tiempo siempre corre en contra de la víctima y todo se encripta con claves RSA-1024 que no son resolubles en corto plazo.

Generalmente para generar mas presión sobre los directivos de las organizaciones víctima, los ataques son de más de un factor. Lo más habitual es un ransomware combinado con un DdoS poniendo a las empresas bajo total interrupción operativa y exigiendo el rescate en forma prácticamente inmediata para cobrar suculentos rescates por la información que les fue encriptada.

Estas técnicas más las habituales actividades de espionaje de información, y junto con la guerra física más tradicional, se combinan estratégicamente para lograr una multiplicidad de fines. Al conjunto de estas actividades hostiles se lo denomina "Guerra Híbrida".

En enero del 2021, en un discurso previo al inicio del conflicto real entre Rusia y Ucrania, el presidente Joe Biden dijo que Estados Unidos deberá estar preparado para responder a "ataques cibernéticos disruptivos contra nuestras empresas o infraestructuras críticas".

A medida que crecía la hostilidad y el conflicto armado la situación se volvía cada vez más compleja entre los adversarios, instruyendo a los sectores públicos y privados de todo el mundo, específicamente en los EE.UU., Europa y Asia, que deberían estar en alerta máxima por una ola de ciberataques provenientes de cualquiera de los bandos en conflicto.

Ataques cibernéticos preparando el conflicto

Acciones iniciales de Rusia y sus aliados

Preparando la invasión física del territorio en disputa, durante las semanas previas al ataque, se llevó a cabo una serie de ataques cibernéticos que desconectaron los sitios web del ejército ucraniano, su ministerio de defensa y los principales bancos del país. No se pudo acceder al menos a diez sitios web del estado ucraniano debido a los ataques, incluidos los ministerios de defensa, relaciones exteriores y cultura, y los dos bancos estatales más grandes de Ucrania.

Esto no es casual, las agencias bélicas de ciber se han vuelto cada vez más audaces al aprovechar las oportunidades que ofrecen las vulnerabilidades cibernéticas de sus adversarios y lanzan ataques con el objetivo de interrumpir a un enemigo y dañar su economía.

Por ejemplo, hemos visto a Moscú hacer uso de grupos de piratería como Armageddon, que está vinculado con el Servicio Federal de Seguridad (FSB) de Rusia, para realizar ataques cibernéticos. Lo mismo se puede observar desde los servicios de inteligencia de los países más avanzados. Existen ingentes bases de datos y un conjunto de herramientas, gestión de información y procesos que provocan amenazas persistentes sobre los sistemas víctima denominadas APT (Advanced Persistent Threat). Las gestionan diferentes agencias gubernamentales y actores privados de alto nivel ténc-nico y están preparadas para ser utilizadas con el fin de interrumpir o perjudicar la operación de funciones críticas de las principales organizaciones de los estados en litigio.

Estas tácticas de guerra cibernética ya se han utilizado en conflictos previos, como el ataque recibido por Estonia en abril de 2007, provocando afectaciones que duraron desde semanas a meses en sus sistemas críticos.

Respecto al ataque cibernético contra Ucrania en 2021, en las primeras semanas de ataque, los piratas informáticos lograron desfigurar más de 70 sitios web del gobierno ucraniano y el Microsoft Threat Intelligence Center identificó evidencia de una operación de malware destructiva dirigida a múltiples organiza-

ciones en Ucrania, perpetrando un ataque cibernético masivo que afectó a los sitios web del Ministerio de Relaciones Exteriores, Ministerio de Educación, Ministerio de Agricultura, Energía y Deportes. También afectó al servicio de emergencia estatal y funcionarios ucranianos señalaron a Rusia y Bielorrusia como culpables de dichas acciones.

Rusia y sus contrincantes no pueden asegurar que sus acciones de ataque queden limitadas a Ucrania porque los sistemas no tienen nacionalidad. Por lo que todos los países que tengan dependencia de sistemas digitales recibirán ataques informáticos colaterales. Aunque esta invasión solo puede verse como una amenaza para Europa del Este, cuando se ve a través de la lente de la guerra convencional, los ataques rusos y las respuestas de naciones como EE.UU. y los aliados de la OTAN dieron y darán lugar a ciberataques de alcance global.

Como hemos visto innumerables veces, los objetivos no están reservados al sector público. En el nuevo modelo de guerra híbrida las empresas privadas ya no son actores en la periferia del conflicto sino un objetivo estratégico más a través del cual se puede lograr la disrupción económica.

Adicionalmente debemos entender que el conflicto provoca actividad maliciosa de todos los actores involucrados. Por ello, en este momento tenemos actividades maliciosas activas de gobiernos en más de 30 países, con acciones significativas a nivel global. Por otra parte, debemos adicionar las actividades maliciosas de otras fuentes como el narcoterrorismo, contrabando y espionaje comercial o industrial.

Acciones iniciales de Ucrania y sus aliados

Estados Unidos:

El FBI, la Agencia de Seguridad de Infraestructura y Ciberseguridad (CISA) y la Agencia de Seguridad Nacional emitieron un aviso conjunto en enero de 2021, titulado "Comprender y mitigar las amenazas cibernéticas patrocinadas por el estado ruso a la infraestructura crítica de EE.UU.". CISA también advirtió a las empresas estadounidenses que protejan sus sistemas de Tecnologías de la Información contra el malware tipo "wiper" que se ha utilizado exitosamente contra objetivos en Ucrania.

El Departamento de Servicios Financieros de Nueva York emitió una alerta a las instituciones financieras a fines de enero, advirtiendo sobre ataques cibernéticos de represalia en caso de que Rusia invada Ucrania y desencadene sanciones estadounidenses.

Reino Unido:

El Centro Nacional de Seguridad Cibernética de Gran Bretaña advirtió a las grandes organizaciones que reforzaran su resiliencia de seguridad cibernética en medio de las crecientes tensiones sobre Ucrania, parcheando los sistemas, habilitando la autenticación multifactorial y haciendo copias de seguridad de los datos, entre otros pasos.

Alemania:

Mark Branson, jefe de la Autoridad Federal de Supervisión Financiera de Alemania (BaFin) dijo en una conferencia en línea, que la guerra cibernética estaba interconectada con la geopolítica y la seguridad.

Unión Europea:

El Banco Central Europeo está preparando a los bancos para un posible ataque cibernético patrocinado por el estado, a medida que aumentan las tensiones con Ucrania.

Realidad Latinoamericana:

En los países latinoamericanos no hay conciencia del impacto de las actividades vinculadas a la cibeguerra.

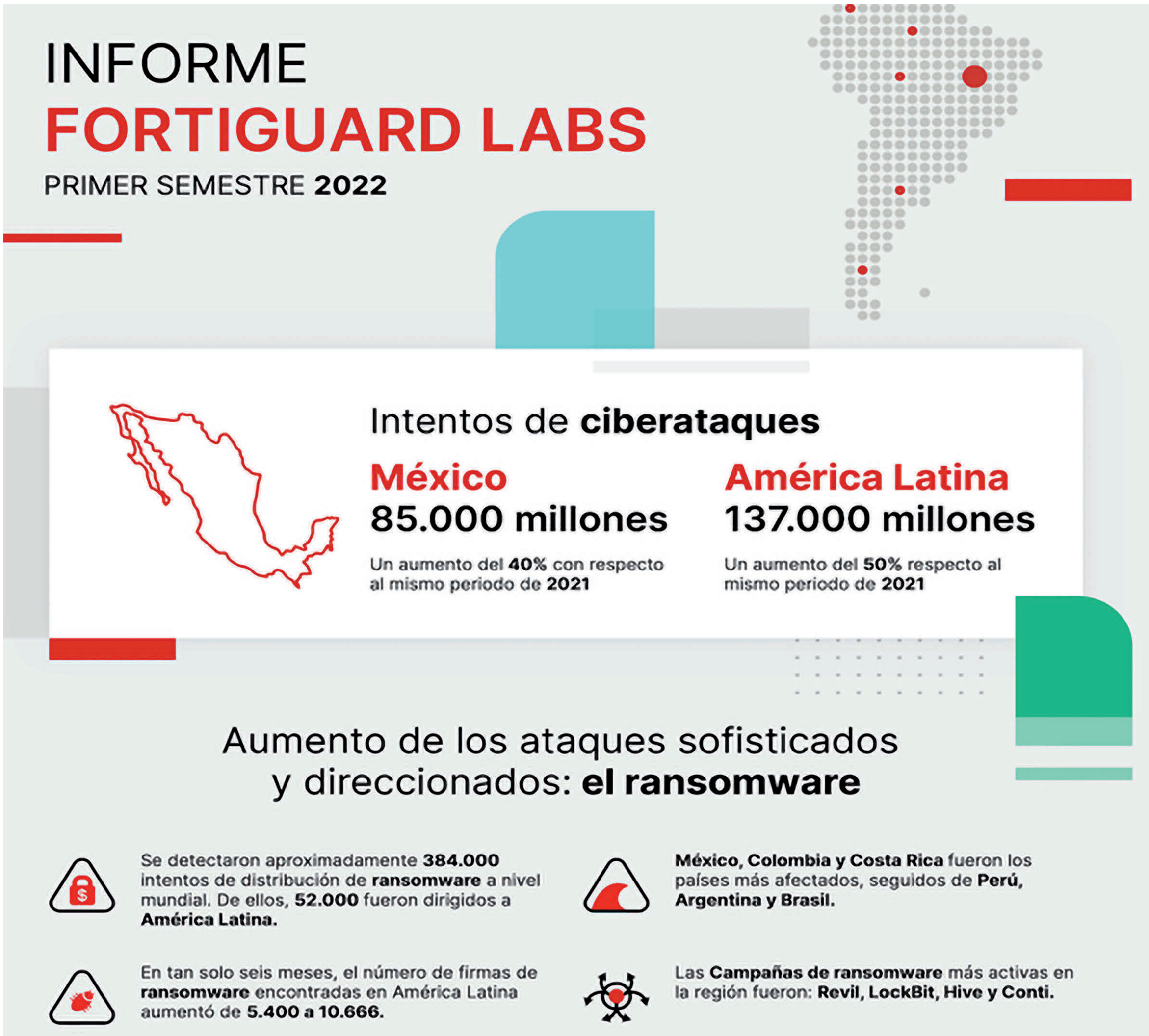
Sin embargo el resultado para nuestras economías fue contundente: se perpetraron ataques masivos con ingentes daños en numerosas instituciones públicas y privadas, llegando incluso a poner en estado de emergencia a Costa Rica, interrumpiendo servicios críticos como banca, telecomunicaciones e infraestructuras críticas en varios países de nuestra región. La mayoría de estos ataques fueron a través de Ransomware a grandes compañías públicas o privadas y fueron tratados como delitos comunes. La gran mayoría de ellos quedaron impunes y muchas empresas pagaron rescate o tuvieron interrupciones significativas. Dichos ataques continuan ocurriendo, simultáneamente con la edición de esta revista en la hermana República Argentina, se están perpetrando ataques a los organismos de seguridad social de dicho país.



Está firmemente establecido en toda la industria de la seguridad cibernética que las crisis, la incertidumbre y la volatilidad impulsan los ataques cibernéticos; se puede observar el importante aumento en los delitos cibernéticos, las infracciones y los ataques de ransomware acaecidos durante el período de pandemia de COVID-19.

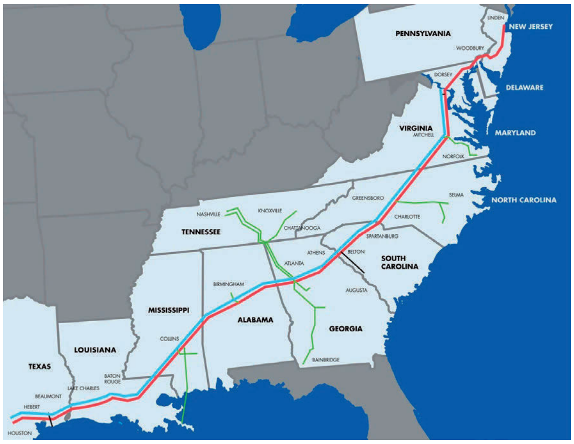
Estas advertencias no deben tomarse a la ligera, deben resonar en organizaciones de todo el mundo. Se deben tomar acciones proactivas de seguridad cibernética defensiva, incluida la garantía de que sus empresas cuenten con capacidades avanzadas de monitoreo y detección de amenazas y respuesta para evitar que las empresas, los ejecutivos y los empleados paguen el precio de la Guerra Híbrida global.

Según el informe recientemente entregado por Fortinet, desde Fortiguard Labs, se puede confirmar el alto impacto que tienen los ataques informáticos en nuestra región.



Ejemplo: DarkSide y el ataque a Colonial Pipeline:

Este ataque alcanzó a interrumpir el suministro de casi la mitad del combustible de la costa este de USA en mayo de 2021. Dicho oleoducto está marcado en rojo en la figura.



El punto de entrada a la infraestructura de Colonial Pipeline no ha sido divulgado, pero pudo haber sido una vulnerabilidad sin parche, un correo electrónico con malware que engañó con éxito a un empleado, el uso de credenciales de acceso robadas o compradas, etc.

El ataque fue atribuido a un grupo denominado DarkSide. Sus operadores apuntaron a afectar los sistemas comerciales y la empresa petrolera desconectó, en forma proactiva, algunos sistemas para contener la amenaza. Esta acción detuvo temporalmente todas las operaciones de los oleoductos y afectó a varios sistemas de información de la compañía.

Los sistemas principales quedaron interrumpidos por más de una semana, generando la activación de múltiples planes de contingencia y gran preocupación en la población, lo cual generó fallos de stock por compras preventivas descontroladas. En el momento del ataque la preocupación por la escasez de suministro hizo que los precios futuros de gasolina alcanzaran su nivel más alto en tres años.

DarkSide es un grupo de Ransomware as a Service (RaaS) que ofrece su propia marca de malware a clientes mediante suscripción. El malware, una vez implementado, roba los datos cifrando los sistemas con RSA-1024 y ejecuta un comando para eliminar las copias temporales.

Este grupo ha creado un sitio web en el que las empresas víctimas pueden acceder a sus sistemas e información luego de ejecutar los pagos solicitados. Si las empresas víctimas se niegan a pagar los datos pueden ser borrados o, si son sensibles, difundirse al público en general (doble extorsión).

También están dispuestos a vender la información de una empresa víctima a quien esté dispuesto a pagar por ella, por ejemplo a una empresa competidora.

La cadena informativa Bloomberg informa que durante el ataque se robaron más de 100 GB de datos corporativos en solo dos horas.

El 13 de mayo Bloomberg informó que la compañía pagó un rescate de cerca de cinco millones de dólares a cambio de una clave de descifrado. Este parece ser uno de los ataques cibernéticos más grandes y exitosos en un componente crítico de la infraestructura de un país hasta la fecha, pero no es el primero.

En febrero un atacante cibernético intentó agregar niveles peligrosos de una sustancia química al sistema de agua potable de una ciudad en Florida y en 2016, la ciudad ucraniana de Kiev se quedó sin electricidad durante una hora debido al malware "Industroyer".

En un futuro cercano las amenazas cibernéticas continuarán evolucionando y es poco probable que esta sea la última vez que veamos una interrupción social grave causada por ciberatacantes.

Este incidente no es el primero y definitivamente no será el último, ya que la infraestructura crítica de nuestros países dependen de operadores e ingenieros que desde lugares remotos deben iniciar sesión y realizar el mantenimiento cuando sea necesario, por lo que los puntos de entrada a las redes persistirán y serán vulnerables.

Es común que los operadores de ransomware investiguen las redes en busca de tales puntos de entrada o incluso compren credenciales suplantadas de identidad para instancias de escritorio remotas que pueden usar para montar un ataque. Debe hacerse consciente a los técnicos industriales que la infraestructura crítica se está volviendo cada vez más atractiva para los operadores de ransomware, particularmente aquellos que están involucrados en esquemas de "Ransomware-as-a-Service".

Recomendaciones

Para mitigar estas situaciones se recomienda realizar las siguientes acciones:

1. Darle acceso por autenticación multifactor encriptada a los operadores.
2. Implementar el cifrado de datos tanto en reposo como en tránsito.
3. Diseñar la red de Internet of Things con un modelo de seguridad de confianza cero.
4. Mejorar la protección física y lógica de puntos de procesamiento finales (con énfasis en inventario y control de acceso).
5. Responder rápido y de forma protocolizada a incidentes informáticos.
6. Disponer de un Centro de Respuesta a quien reportar el incidente que pueda coordinar las acciones con los restantes actores de la industria, la prensa, la justicia y demás actores involucrados.











Generalidades de la imagenología médica

Autor
Ing. Javier Beltrame

En el presente artículo detallamos los tipos más frecuentes de **imagenología médica** de acuerdo a su principio de funcionamiento, sin dejar de mencionar que existen otras formas menos extendidas.
El objetivo es ofrecer información más detallada en futuros artículos, brindando una visión general al principio.

Generalidades

Los dos tipos de equipamiento más conocidos son los que permiten obtener una radiografía gracias a los Rayos X y los equipos de ecografía.

Casi todos conocemos el tipo de equipo utilizado cuando hablamos de obtener una "Placa" o una "Eco".

Es importante destacar que la mayoría de las técnicas utilizadas en Imagenología Médica son cualitativas y no cuantitativas, es decir, el diagnóstico se basa en leer las imágenes e interpretarlas luego en base al conocimiento médico del cuerpo humano.

Sin embargo existen varios casos donde el diagnóstico se realiza o evalúa luego de realizar algunas medidas sobre la imagen o un conjunto de imágenes, como por ejemplo en las ecografías fetales o cardíacas.

Otro aspecto importante es que si bien muchas de estas técnicas permiten visualizar proyecciones bidimensionales de objetos o estructuras tridimensionales en sus inicios, gracias sobre todo al postprocesamiento de ellas luego de adquiridas, en muchos casos se realizan diagnósticos en la actualidad con representaciones de volúmenes 3D que pueden ser girados, ampliados, a veces medidos o coloreados de acuerdo a ciertos parámetros relevantes en cada caso particular.

En la mayoría de los casos las técnicas son no invasivas o requieren simplemente una inyección para mejorar la visualización, como es el líquido de contraste yodado, o ingesta como puede ser el caso de la Imagenología Molecular.

Pero existe una creciente tendencia a intervenciones mínimamente invasivas, basada sobre todo en los avances de la tecnología que permiten ver mejor y más rápido, y muchas veces en tiempo real.

Utilizaremos la siguiente clasificación con la intención de ordenar el tema, dejando algunas técnicas adicionales para futuras oportunidades.

1) Radiografía por Rayos X
    - 1.1 Radiografía convencional
    - 1.2 Equipos de Fluoroscopia
    - 1.3 Arcos en C por Rayos X
    - 1.4 Equipos de Angiografía
    - 1.5 Mamografía
2) Tomografía Axial Computarizada por Rayos X
3) Tomografía Computarizada por Resonancia Magnética Nuclear
4) Ecografía por Ultrasonido

1) Radiografía por rayos X

Los equipos de rayos X se basan en la atenuación de los diferentes tejidos del cuerpo humano a un haz de rayos X, y en principio presentan imágenes en escala de grises relacionadas con su atenuación, por ejemplo, generalmente un hueso que atenúa mucho se ve blanco en la imagen.

Podemos clasificar a los rayos X en duros y blandos de acuerdo con su longitud de onda y capacidad de penetración.

A menor longitud de onda, mayor frecuencia, mayor energía y mayor capacidad de penetración.

Long. de onda de los Rayos X: 10 a 0.005 nm; 10 a 1= Blandos; 1 a 0.005= Duros

Luz visible: 700 a 400 nm

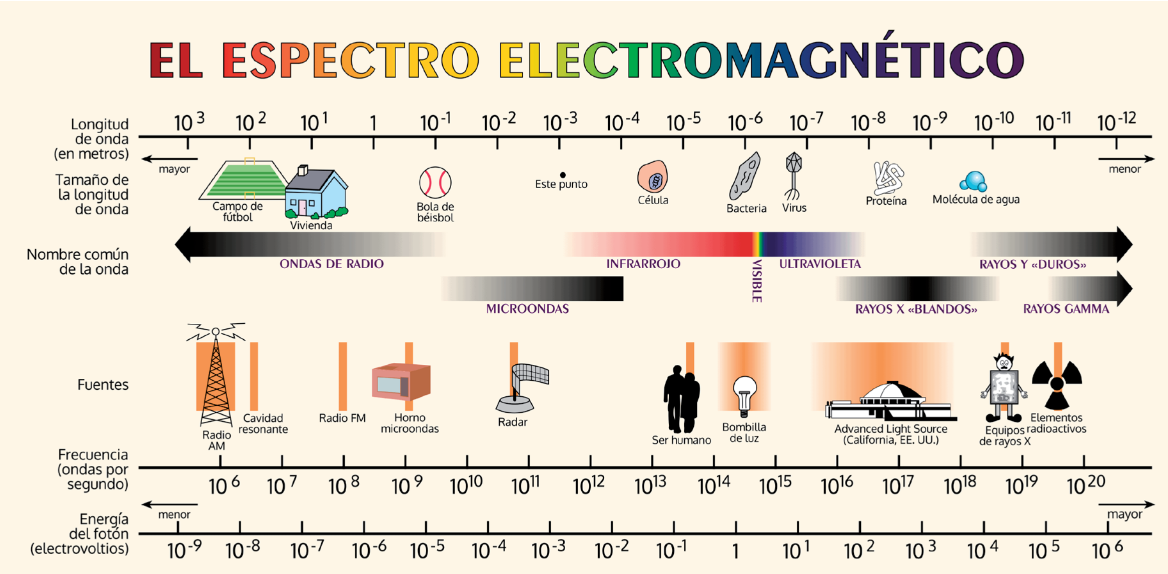


Fig. 1 El espectro electromagnético

1.1 Radiografía convencional

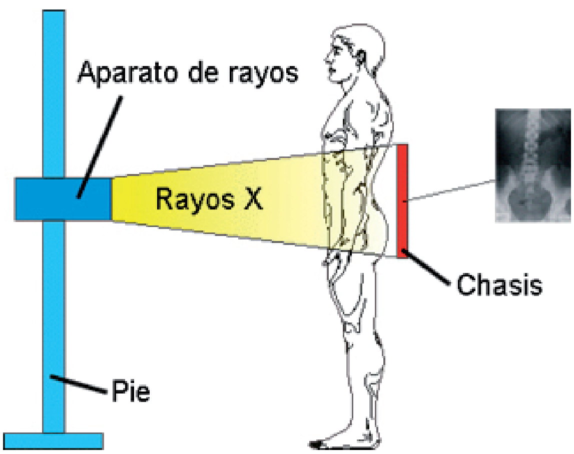


Fig. 2 Radiografía convencional

Consta de un tubo emisor de Rayos X el cual es alimentado por un generador variable, en general entre los 80 y 130 kV.

En un diseño convencional el tubo se encuentra inmerso en una calota llena de aceite aislante de la alta tensión existente, la cual tiene sólo una pequeña zona transparente a dichos rayos.

El tubo de Rayos X es básicamente una válvula de alto vacío con un ánodo, un cátodo y un filamento.

La tensión de alimentación es continua y en muchos casos es rectificada y no filtrada.

Aún hoy en día fabricarlos implica una buena parte de conocimiento artesanal, ensayos y altos costos.

Dependiendo del uso, el ánodo puede ser estacionario o giratorio para aumentar la carga térmica, disminuir el desgaste en la zona de impacto y aumentar las dosis irradiadas.

El aceite cumple la doble función de aislar y refrigerar la ampolla del tubo de Rayos X.

La potencia típica de los generadores incorporados puede ser desde los 50 a 90 kW, con voltajes máximos de 125-130 kV y corrientes máximas del orden de 800 mA, con las limitaciones adecuadas para protección, tanto del generador como del propio tubo.

Luego el haz de Rayos X es colimado o dirigido con un conjunto de piezas móviles de plomo para enfocarlo en la zona de interés del paciente.

Antes de realizar la exposición se enciende, o bien una luz en los equipos más viejos o un haz de luz láser en los más nuevos, que permite ajustar el colimador y tener

exactitud en la zona a explorar para evitar irradiar de más o tener mejor enfoque.

El colimador es un sistema de láminas casi siempre de plomo, que permite dirigir la radiación a la zona de interés, ampliando o reduciendo el campo de visión.

En los equipos más antiguos, como ya es conocido, se utilizaban placas radiográficas sensibles a los rayos X, las cuales después de un proceso químico de revelado similar al de las fotografías, permiten obtener imágenes para poder verlas en los visores de placas, también llamados negatoscopios.

Es interesante destacar que la calidad de imagen obtenida por este método (analógico) puede llegar a ser muy buena.

En la actualidad la mayoría de los equipos de este tipo utilizan detectores inalámbricos de estado sólido con forma de placa, los cuales son leídos por el sistema de adquisición de imágenes y luego borrados para volver a ser utilizados. Las imágenes adquiridas son archivadas en sistemas informáticos especialmente diseñados para tal fin.

1.2 Equipos de Fluoroscopia

Este tipo de equipos utiliza una técnica de menor intensidad en la corriente suministrada al tubo de RX, pero con tensiones menores, aunque similares y de forma continua, por ejemplo, 80 kV y 5 mA.

Una forma generalizada de medir la dosis irradiada al paciente es mediante el producto de la corriente y el tiempo, o sea mASeg.

La visualización se realiza en monitores, anteriormente del tipo CRT y actualmente LCD, y permite obtener estudios dinámicos, por ejemplo estudiar la forma de deglutir de una persona.

Por supuesto hay variantes analógicas de este tipo de equipo, y los más recientes son digitales.

Hay muchos equipos que pueden funcionar de ambas formas, haciendo radiografías o emitiendo fluoroscopia.

En equipos que brindan ambas formas de funcionamiento, también se utiliza para el centrado en lugar del haz luminoso, teniendo en cuenta que la irradiación en un corto período de tiempo es mucho más baja.

Esta misma característica permite realizar estudios de mayor duración, como cuando el paciente respira o mueve una de sus articulaciones.

Lógicamente la calidad de imagen no es la misma, aunque en próximas oportunidades veremos cómo la tecnología permite mejorarla mucho.



Fig. 3 Ejemplo de un equipo telecomandado que puede realizar ambos tipos de estudios

Se aprecia la posibilidad de incorporar en ocasiones un tubo adicional colgado del techo, y detectores en la mesa y en la pared, con desplazamiento o bien a lo largo de la mesa o bien vertical.

La mesa también se puede inclinar y ajustar en altura en algunos modelos, así como cambiar el ángulo de incidencia del tubo frente a la mesa.

1.3 Arcos en C por Rayos X

Este tipo de equipos, como su nombre lo indica, constan de un amplio arco en forma de C que permite deslizarlo debajo de la mesa del paciente (también girarlo) para obtener una radiografía o fluoroscopia. Son muy usados en blocks quirúrgicos durante las intervenciones.

El arco tiene un tubo de RX debajo y el receptor de las imágenes por encima, que puede ser un intensificador de imágenes de alto vacío o un detector plano de estado sólido en los equipos más recientes. En general tienen otra parte conocida como el carro porta monitores, donde se visualizan las imágenes obtenidas para procesarlas, mejorarlas, grabarlas, etc.

Un tema importante con estos equipos aunque pueda parecer banal son sus ruedas, su peso y el manejo de los cables.

En el uso diario están en constante movimiento, muchas veces pasando de un block a otro o en ocasiones diagnosticando pacientes internados con dificultades para moverse.

La potencia de sus generadores es del orden de 1,5 a 3 kW en diseños convencionales con tubos de RX de ánodo fijo y refrigeración pasiva, hasta algunos de 25kW con tubos de ánodo giratorio y refrigeración activa.

En algunos de estos modelos más potentes se pueden utilizar casi como reemplazo en ciertos casos de los angiógrafos.

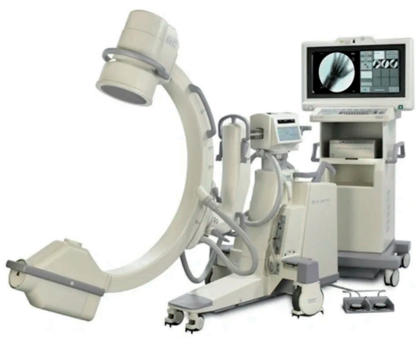


Fig. 4 Equipo Arco en C convencional, con intensificador de imagen de alto vacío y carro porta monitores separado

1.4 Equipos de Angiografía

Podríamos citar que los equipos de angiografía son básicamente arcos en C.

Se les llama de angiografía porque su mayor uso es con estudios para la visualización de angiografías, es decir visualizar vasos, arterias o venas luego de la inyección de líquido de contraste, casi siempre una solución yodada.

Pero con mayor potencia en su generador, en su tubo, con movimientos mejor controlados y con más posibilidades, una mesa dedicada para lograr posiciones especiales, mayores capacidades de procesado de las imágenes, etc.

La configuración más básica podríamos definirla como un angiógrafo monoplano de piso. Esto significa que posee un arco en C, un tubo, un detector y una mesa, con el arco montado en el piso, un carro porta monitores cercanos al médico en la sala de intervención y una sala separada de monitoreo y control del equipo.

Luego existen equipos llamados biplanos de techo, con dos arcos en C colgados del techo, con dos tubos, dos detectores y el resto de la configuración similar.

Y también existen las combinaciones, por ejemplo, un arco en C fijado al piso y el otro en el techo.

Estas variantes tienen que ver evidentemente con los procedimientos para los cuales están previstos.



Por ejemplo un equipo de piso en su configuración inicial es muy usado para la colocación de catéteres cardíacos.

Para estudios más complejos como una arteriografía del cerebro se prefieren con una configuración más completa.

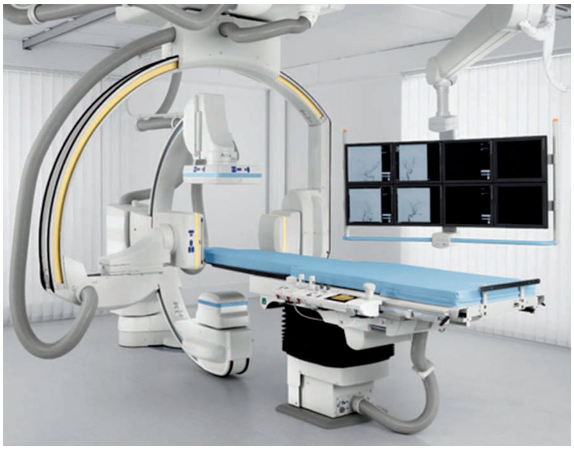


Fig. 5 Ejemplo de equipo de Angiografía biplano

1.5 Mamografía

Los equipos de mamografía utilizan técnicas de Rayos X sensiblemente menores, dado que están destinados a examinar tejidos blandos, con poca atenuación a los mismos, dónde además es necesario optimizar la calidad de imagen todo lo posible en un aspecto dónde éstos son menos sensibles.

En líneas generales esta radiación es muy adecuada para la visualización de tejidos duros como el hueso. Pero no lo es tanto para tejidos blandos con atenuaciones similares.

Es una de las razones por las cuales en casi todas las técnicas basadas en Rayos X se complementan los estudios con líquidos de contraste.

En el caso de las mamografías es especialmente crítico poder visualizar tejidos con muy baja diferencia en su atenuación.

Los mamógrafos convencionales utilizan generadores del orden de 5 kW, tensiones de 23 a 35 kV y corrientes de hasta 150 mA por ejemplo, bastante menores que los equipos convencionales.

El tubo se encuentra en un pie vertical ajustable a la altura de la paciente, y el detector también, siendo muy importante el acople para obtener una buena imagen sin molestias, que sea diagnóstica y con mínima radiación.

En la búsqueda constante de optimizar la calidad de imagen obtenida en relación a los tejidos a estudiar, un tema relevante es que los tubos utilizan aleaciones especiales en el ánodo para favorecer la radiación blanda.

Los equipos más nuevos son capaces de realizar la tomosíntesis mamaria, en la cual el tubo se mueve en relación al detector a una velocidad controlada, siendo un estudio tomográfico.

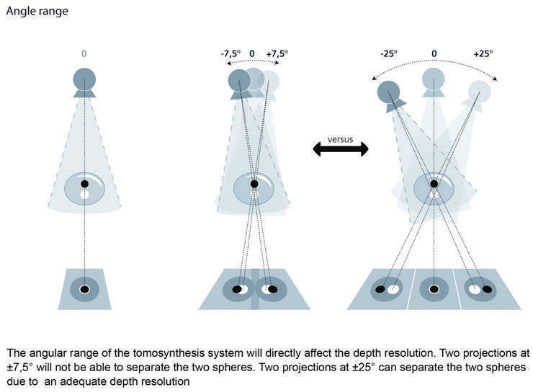


Fig. 6 Principio de la tomosíntesis en mamografía

2) Tomografía Axial Computarizada por Rayos X

En este caso, es interesante conocer la historia por la cual hay relación con el famoso grupo The Beatles.

El Ing. Godfrey Hounsfield, premio Nobel en 1979 y reconocido inventor de la tomografía, trabajaba para el sello EMI en la década del 60, primero en la sección de radares y luego en una sección de proyectos laterales.

Este sello financió sus investigaciones médicas gracias a las ganancias de varios de sus discos, pero como este tema puede extenderse quizás lo abordemos en otra oportunidad.

Los equipos normalmente llamados de Tomografía, en general se refieren a equipos de tomografía por Rayos X. También miden la atenuación de los tejidos a esta radiación, para luego reconstruir las imágenes de los llamados "datos crudos" de acuerdo a ciertos algoritmos con la ayuda del procesamiento informático.

Se utilizan filtros de convolución para realizar las reconstrucciones de las imágenes, evidentemente implementados en hardware al principio, y hoy en día prácticamente todo lo relacionado con esa función de forma programada.

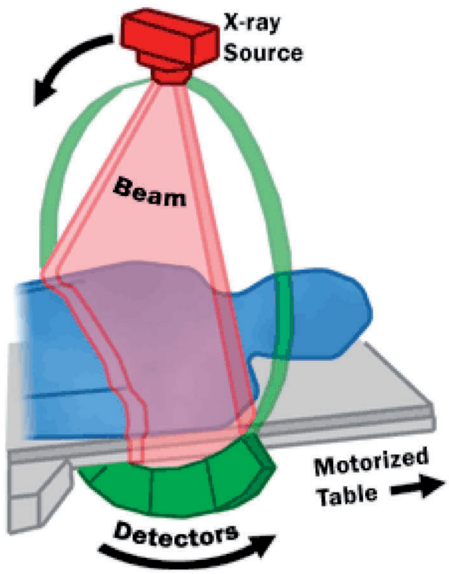


Fig. 7 Principio de funcionamiento de la tomografía computada por Rayos X

El avance de esta técnica por supuesto que ha sido notable, pudiendo citar que por ejemplo en el año 2005 se entendía que se podía estudiar prácticamente cualquier órgano del cuerpo humano, excepto el corazón, debido sobre todo a su continuo movimiento durante la exploración.

La explicación básica es que un tubo de Rayos X gira 360° alrededor del cuerpo, emitiendo en forma continua (en los equipos más nuevos), y las atenuaciones son medidas por un conjunto de detectores que brindan una matriz de "datos crudos".

Cuando citamos en forma histórica este tipo de equipos, no podemos dejar de mencionar como dato anecdótico que hoy en día son en su inmensa mayoría de **tercera generación**, habiendo existido varios con diseño de **cuarta generación** que fueron posteriormente abandonados por su dificultad de adaptarse sobre todo a las adquisiciones helicoidales.

Las adquisiciones pueden ser secuenciales, con la mesa de la paciente quieta mientras el tubo gira o helicoidales, con la mesa de la paciente moviéndose. La tomografía helicoidal fue un gran avance, y surge la pregunta lógica:

¿Cómo es posible obtener buenas imágenes cuando el objeto de estudio se mueve?

La práctica demostró que, con ciertos algoritmos predictivos y filtros mejorados, el avance en términos de beneficios/pérdidas fue muy notorio.

Un ejemplo claro de compromisos de diseño muy bien asumidos:

Se mejoró la velocidad de los estudios, la adquisición no sólo de un conjunto de imágenes correlativas pero que siempre tenían alguna diferencia, sino de volúmenes de datos, posibilidad de representar mejor en 3D, y la capacidad de disminuir significativamente la radiación, entre otros aspectos.

3) Tomografía computarizada por resonancia magnética nuclear

Los equipos normalmente llamados de Resonancia, en general se refieren a equipos de Tomografía por Resonancia Magnética Nuclear.

La denominación Nuclear obedece a que se busca obtener señal de los núcleos de los átomos de hidrógeno.

En este caso se miden las señales emitidas por los diferentes tejidos al volver a su estado de equilibrio cuando están sometidos a un intenso campo magnético luego de haber sido excitados mediante radiofrecuencia a estados de energía superiores utilizando el fenómeno de la resonancia.

El hecho de que ambas técnicas sean nombradas como Tomografías al intentar clasificarlas en forma ordenada, se debe a que el postprocesado de la información para obtener las imágenes es similar en ambos casos, tanto para los Tomógrafos como para los equipos de Resonancia Magnética.

Los filtros o procesamientos utilizados son obviamente diferentes y adecuados al tipo de información obtenida.

El primer punto que llama la atención es su intenso campo magnético al cual se somete al paciente.

Señalamos desde ya que esta explicación intenta simplificar algo ciertamente complejo, o sea no es todo lo rigurosa que podría ser.

También señalamos que existen otros tipos de equipamiento, que se basan en otros elementos, no necesariamente el hidrógeno.

Para tener una idea del funcionamiento, como ejemplo algo tosco, puede ayudar verlos como un gran horno de microondas, sometido a un gran campo magnético y por supuesto con ondas de radiofrecuencias emitidas mucho menores en intensidad para evitar calentamientos dañinos en los tejidos.

El magneto se encuentra dentro de una gran jaula de Faraday, para evitar ruidos externos, y permitir captar las muy bajas señales emitidas por el cuerpo humano por antenas cercanas a la zona de interés.

Los magnetos pueden ser de bajo campo, 0,1 a 0,35 Tesla generalmente, campo medio 0,5 a 1,5 Tesla, y alto campo, 3 Tesla o incluso más, de 7 Tesla.

La búsqueda permanente de incrementar el campo magnético se relaciona con que la intensidad de las señales obtenidas aumenta al aumentar el campo, mejorando la relación señal/ruido y por lo tanto la imagen, pero encontrando dificultades técnicas adicionales y sobre todo de seguridad.

Por mucho tiempo el límite estuvo en 2 Tesla, hasta que se demostró que no existían fenómenos perjudiciales para el cuerpo humano con intensidades de campo superiores.

La relación riesgo/beneficio siempre es un tema importante y con puntos de vista abiertos a discusión.

Por lo general, los equipos de bajo campo son de imán permanente, sumamente pesados (ej 12 T), y también llamados de tipo abierto, ya que no son un túnel como estamos acostumbrados. La orientación del campo magnético en estos casos es común que sea vertical, a diferencia de los tipos más comunes, donde generalmente es horizontal y en la misma orientación que el paciente.



Magneto 0,3 T tipo permanente



Magneto 1,5 T tipo superconductor con helio líquido

En los equipos de 0,5 T y más, el diseño más usado es en base a una alta corriente circulando (ej. puede ser de 350 a 500 A en 1,5 T) con bobinas interiores sumergidas en helio líquido, de forma de obtener el efecto superconductor en ellas. Es necesario obtener temperaturas interiores dentro del magneto de 4,2 °K (sólo 4,2 grados por encima del 0 absoluto) o menos, para poder mantener el helio en estado líquido, lo cual implica mucho cuidado en su manejo y mantenimiento, especialmente con las medidas de seguridad necesarias al ingresar a la sala de exámenes o áreas cercanas.

Por ejemplo, no se puede ingresar sin evaluarlo previamente con marcapasos, con artefactos metálicos magnetizables, se debe tener cuidado con las prótesis (aunque hoy en día muchas son compatibles), bastones, sillas de ruedas, anillos, maquillajes (si, asi es, pueden afectar la imagen), armas, extinguidores, equipos de anestesia, etc.

Lo más importante a no olvidar, tanto por el personal como por los pacientes o Ingenieros de servicio, es que, en condiciones normales, el magneto **nunca** está apagado.

Intentando brindar una idea sencilla de funcionamiento, como sabemos, el cuerpo humano está compuesto por una gran cantidad de moléculas de agua, H2O, y, además, el hidrógeno también se encuentra en la grasa. La característica utilizada es que la mayoría de los átomos de hidrógeno debido a su “spin” o momento angular magnético, se alinean con el intenso campo magnético estático. Una vez que se encuentran alineados, se los excita a través de la transmisión de radiofrecuencias, que van desde 8 Mhz hasta 63 Mhz en equipos de 0,2 a 1,5 T.

La ecuación de Larmor permite relacionar estas variables: ω(Mhz) = γ(Mhz/T) x Bo(T).

(γ=relación giromagnética, para el Hidrógeno es: 42,58)

La excitación mediante RF justamente se realiza para excitar, mediante el fenómeno de resonancia, a los átomos previamente alineados, a un estado de energía diferente.

La forma en la cual vuelvan a su estado de relajación o de equilibrio dentro del equipo determina las características propias y del tejido circundante.

Al volver a este estado emiten radiofrecuencias intrínsecas, las cuales son captadas por las antenas o bobinas y amplificadas posteriormente.

Tanto la intensidad de la señal como los tiempos de relajación son diferentes entre los tejidos y su ubicación, fenómeno que se utiliza para la obtención de las imágenes.

Otra parte importante en este proceso es la codificación espacial, es decir de dónde provienen los pulsos o señales recibidas.

Para ello los equipos tienen bobinas adicionales dentro del magneto,que modifican el intenso campo magnético principal, llamadas bobinas de gradiente. Estos gradientes actúan en los 3 ejes espaciales, y sincronizándose con las señales obtenidas, permiten ubicar las zonas del cuerpo y sus tejidos, es decir codificarlas.

Por ejemplo, suponiendo un equipo de 1 T y un valor de gradientes de 20 mT/m según el eje del paciente, habría un valor de campo principal de (1 - 0.01) a +50 y (1+0.01) a -50 cm del isocentro del equipo, suponiendo un campo útil de 50 cm (una esfera de 50 cm dónde la homogeneidad del campo es muy alta) y que el campo crece con la distancia en este caso.



Fig. 8 Imagen tomada cuando se desarmó el primer equipo de RM del país, dónde se aprecian algunas de las diferentes bobinas o antenas: (izq. a der.) hombro, temporomaxilar, cráneo, y rodilla

Aún hoy en día cuesta creer los excelentes resultados obtenidos con esta técnica y los avances logrados, mejorando mucho, entre otros puntos, los tiempos para obtener las imágenes necesarias, ya que no olvidemos que dependen de tiempos intrínsecos de cada tejido. Una de las formas de lograrlo es excitar de forma correlativa varias zonas del cuerpo con diferentes canales de RF, y leer más tarde con secuencias especiales cuando la señal es más intensa.

4) Ecografía por ultrasonido

Podríamos citar que es la técnica de imagenología más utilizada hoy en día debido a sus ventajas.

Los equipos de ecografía utilizan emisión de ondas sonoras a través de un transductor emisor aplicado sobre la superficie del cuerpo, midiendo luego su reflexión, su eco, el cual varía en las diferentes zonas del cuerpo humano, y representando luego estos ecos con postprocesado en forma de imágenes.

En este caso se utiliza el efecto piezoeléctrico de transductores en contacto con la piel capaces de transmitir sonidos al cuerpo humano y leer sus reflexiones o ecos con frecuencias superiores a los 20 kHz, aunque la mayoría de los transductores actuales utilizan frecuencias de 3,5 a 12 o incluso 16 MHz para poder adaptarse a los tejidos a explorar.

El uso del gel es clave para mejorar la interfase entre el transductor y el cuerpo humano, evitando grandes diferencias en la impedancia acústica vista por el transductor.

Dentro de las ventajas del método podemos señalar:

Es económico, portable, no invasivo, fácilmente disponible debido a la variedad de equipos, indoloro, y permite obtener imágenes multiplanares, es decir con diferentes planos de corte.

Como desventajas, es un método que depende del operador, requiere cooperación del paciente, las cavidades de aire reflejan el sonido dificultando la visualización correcta, es más difícil en personas obesas, y no penetra el hueso (neurología, costillas, etc.).

Es importante tener en cuenta que, dependiendo del caso a estudiar, pueden existir errores de diagnóstico, debido por un lado a la relativa alta dependencia del operador y a que la técnica en sí es susceptible de variaciones.

También es cierto que es uno de los campos dónde el avance de la tecnología logra reducir significativamente este tema.

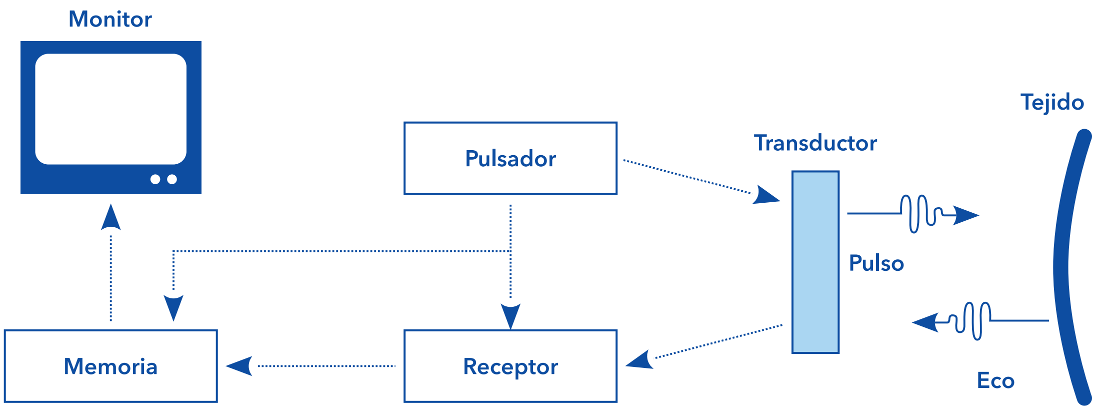
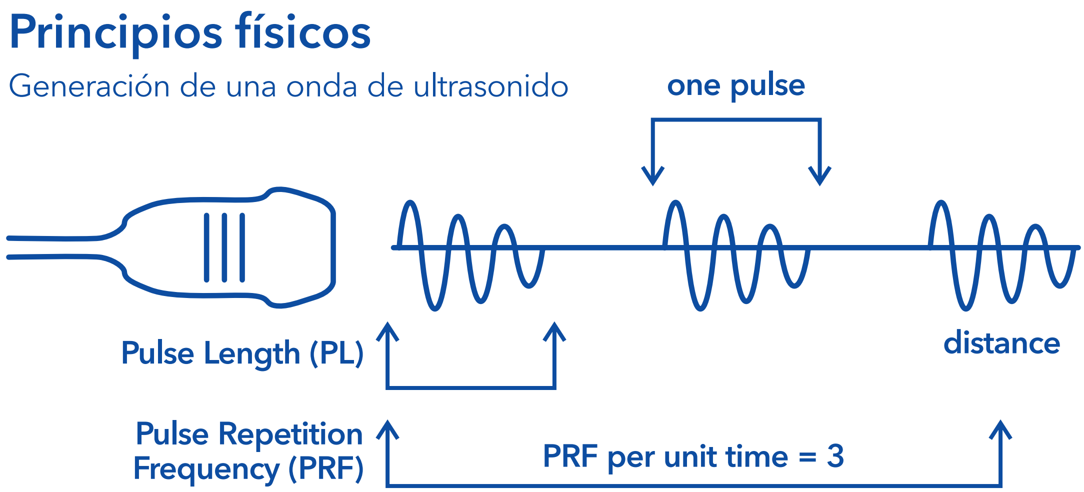


Fig. 8 Principio de funcionamiento de un equipo de ecografía por ultrasonido
(Pulsador: envía los pulsos de transmisión)

Velocidad promedio de los diferentes tejidos:

Hueso	4080 m/s	Agua	1480 m/s
Tejidos blandos	1540 m/s	Grasa	1450 m/s
Sangre	1520 m/s	Aire	330 m/s

Se toma 1540 m/s como promedio.



Un transductor que trabaje a una frecuencia de 3,5 Mhz por ej., es adecuado para el estudio del abdomen y estructuras más grandes y más lejanas, mientras que con 15 Mhz se pueden visualizar de mejor forma pequeños vasos sanguíneos superficiales, debido a su mayor resolución. A mayor frecuencia la profundidad de penetración disminuye y la resolución aumenta.

Podemos citar al Ultrasonido Funcional que combina la información de la imagen con el movimiento y la velocidad del tejido o la sangre, la suavidad o la dureza del tejido y otras características físicas con imágenes anatómicas para crear “mapas de información”. Estos mapas brindan a los médicos la posibilidad de visualizar las funciones de determinados órganos en tiempo real.

La variedad actual es muy grande, tanto en diseño como en cantidad de ofertas y fabricantes.

Esto se debe en buena medida a que la mayoría del procesamiento actual es sobre todo por software. O sea, en muchos casos, sobre todo en la gama de entrada, es prácticamente un notebook con transductores y controles adecuados, y una pantalla de visualización acorde.

Ya que nos referimos a las pantallas o monitores, dado que los médicos diagnostican mayormente en forma cualitativa viendo la imagen, es un tema muy importante asegurar la calidad de imagen recibida, tanto por la calidad de los monitores, su ajuste, el lugar donde se visualizan, así como el entrenamiento de los técnicos encargados.

La técnica de mamografía es la más demandante en ese sentido, la más exigente.

De ser posible, abordaremos este tema con más profundidad en el futuro.


Sika
BUILDING TRUST

SikaLevel®-180 Pisos: nivelación precisa y uniforme para pisos interiores

Sika Uruguay lanza su innovador producto, **SikaLevel®-180 Pisos**, el mortero cementicio autonivelante diseñado especialmente para obtener pisos interiores perfectamente nivelados y uniformes.

SikaLevel®-180 Pisos es la solución perfecta para obtener superficies lisas y niveladas en proyectos de construcción en interiores, antes de la aplicación del revestimiento final. Su capacidad de adaptarse y nivelarse automáticamente permite lograr un acabado impecable, sin necesidad de esfuerzos adicionales. Una de las características destacadas de este producto es su capacidad **autonivelante**, lo que significa que se acomoda a la superficie y extiende para conseguir una nivelación precisa y uniforme.

La **facilidad de aplicación** es otro punto fuerte de **SikaLevel®-180 Pisos**. Ahorrar tiempo y esfuerzo es fundamental en cualquier proyecto de construcción y con este mortero autonivelante la tarea de nivelar pisos se vuelve simple y sin complicaciones. Su consistencia y fluidez permiten una distribución homogénea del material, evitando acumulaciones y huecos que puedan comprometer el acabado final.

Una de las ventajas adicionales de **SikaLevel®-180 Pisos** es su idoneidad para **sistemas de calefacción por suelo radiante**. Este producto ha sido especialmente formulado para ofrecer resistencia y durabilidad en proyectos que requieren este tipo de sistema. Puedes estar seguro de que **SikaLevel®-180 Pisos** proporcionará un soporte sólido y estable para la instalación de sistemas de calefacción por suelo radiante, asegurando un rendimiento óptimo.





La capacidad de ser **bombeable** es otro aspecto destacado de **SikaLevel®-180 Pisos**. Este mortero autonivelante puede ser fácilmente bombeado, lo que facilita su aplicación en grandes áreas de manera rápida y eficiente. Esta característica se traduce en ahorro de tiempo y aumento de la productividad, lo que es especialmente valioso en proyectos de viviendas de gran envergadura.

Además, **SikaLevel®-180 Pisos** cuenta con **polímeros modificados**, lo que mejora su adherencia y flexibilidad. Esto garantiza resultados superiores y una mayor durabilidad en las superficies niveladas. La baja generación de polvo durante su uso también contribuye a un entorno de trabajo más limpio y seguro.

Es importante destacar que **SikaLevel®-180 Pisos** es apto para su **aplicación en interiores** y sobre **superficies sin humedad** por ascensión capilar. Esto lo convierte en la elección ideal para zonas residenciales, donde la humedad no representa un problema. Con **SikaLevel®-180 Pisos**, puedes estar seguro de obtener resultados de calidad en proyectos de construcción residenciales e interiores no industriales.

Para complementar el uso de **SikaLevel®-180 Pisos**, recomendamos utilizar **SikaLevel®-10 Primer**. Este imprimante acrílico sellador de poros está diseñado específicamente para preparar y unir superficies de hormigón existente con morteros autonivelantes. **SikaLevel®-10 Primer** sella de manera eficaz las superficies.

Recuerde que el *Departamento Técnico de Sika* cuenta con profesionales expertos que estarán disponibles para aclarar todas las consultas sobre su proyecto. Lo invitamos a comunicarse y recibir atención personalizada a través del formulario que encontrará en *www.sika.com.uy*



HASTA

30%

DE DESCUENTOS

Conocé todos nuestros convenios

AAHES
A&E Estudio Jurídico notarial
ALAS Uruguay
Altmann y asociados
ANTEL
Auto OK
Auxicar
Banco de Seguros del Estado
Berlitz
BEXEL Manager
BIMSOFT Uruguay
CAD IT
CECATEC
Centro de Producción Más Limpia
COGITI
Colegio y Liceo Ceni
Colegio y Liceo José Pedro Varela
Compañía del Sur Viajes y Turismo
Complejo Turístico Chuy
CYPE Ingenieros
Digital Outlet
Edu School
Elbio Fernández
ElectroUruguay
Europcar
Gate Uruguay
GstarCAD
IMUR
Instituto de Marketing del Uruguay
INCAL
Instituto Crandon
Isede
KALYA Soluciones Informáticas
Miguel Cames Contador Público
Montevideo COMM
Óptica Altieri
Plaza Business Center
Pre Universitario Ciudad de San Felipe
Quality Internacional
Queen's School
Saludent
San Pedro del Timote
TCC
Ucam Business School
UNIT
Universidad CLAEH
Universidad de la Empresa
Universidad de la República
Universidad de Montevideo
Universidad ORT
ZWCAD - Uruguay

Asociación de Ingenieros del Uruguay

Cuareim 1492
(+598) 2901 1762 / 2900 8951
(+598) 98 869 645
aiu@vera.com.uy
www.aiu.org.uy

aingenierosu
aingenierosu
aingenierosu
@aingenierosu
Asociación de Ingenieros del Uruguay

LA MÁS ALTA TECNOLOGÍA EN **IMPERMEABILIZACIÓN**



LIDER MUNDIAL EN IMPERMEABILIZANTES

Sika®, Lider Mundial en Impermeabilizantes, te ofrece una completa línea de productos para resolver los problemas de humedad.

Impermeabilizantes acrílicos, membranas líquidas y membranas asfálticas, son algunas de las soluciones de última tecnología que tenemos para tu hogar.

SIKA URUGUAY S.A.
Tel: 2220 2227*
www.sika.com.uy

CONSTRUYENDO CONFIANZA